

**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC146599**

**RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI KAWASAN  
BUKIT GOLF INTERNASIONAL CITRALAND  
KOTA SURABAYA**

**FALAH DHANIKA AUFA**  
**NRP. 3116 040 532**

**Dosen Pembimbing I**  
**Dr. Ir. Hendra Wahyudi, MS.**  
**NIP. 19630426198803 1 003**

**Dosen Pembimbing I**  
**S. Kamilia Aziz, ST. MT.**  
**NIP. 19771231200604 2 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG**  
**TEKNIK SIPIL DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL**  
**FAKULTAS VOKASI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH**  
**NOPEMBER SURABAYA 2018**

**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC146599**

**RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI KAWASAN  
BUKIT GOLF INTERNASIONAL CITRALAND  
KOTA SURABAYA**

**FALAH DHANIKA AUFA  
NRP. 3116 040 532**

**Dosen Pembimbing I  
Dr. Ir. Hendra Wahyudi, MS.  
NIP. 19630426198803 1 003**

**Dosen Pembimbing I  
S. Kamilia Aziz, ST. MT.  
NIP. 19771231200604 2 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG  
TEKNIK SIPIL DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER SURABAYA 2017**



**FINAL PROJECT - RC1465599**

**FLOOD CONTROL PLAN IN THE REGION OF  
BUKIT GOLF INTERNASIONAL CITRALAND  
SURABAYA CITY**

**FALAH DHANIKA AUFA  
NRP. 3116 040 532**

**Academic Supervisor I  
Dr. Ir. Hendra Wahyudi, MS.  
NIP. 19630426198803 1 003**

**Academic Supervisor I  
S. Kamilia Aziz, ST. MT.  
NIP. 19771231200604 2 001**

**DIPLOMA IV PROGRAM OF CIVIL ENGINEERING IN  
ADVANCED (EXTENDED) LEVEL  
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING  
DEPARTMENT FACULTY OF VOCATIONAL  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER SURABAYA 2017**

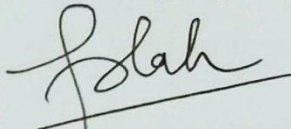
**RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI KAWASAN  
BUKIT GOLF INTERNASIONAL CITRALAND  
KOTA SURABAYA**

**TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan  
pada**

**Program Studi Diploma IV Lanjut Jenjang Teknik Sipil  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya**

**Oleh :  
Mahasiswa**



**FALAH DHANIKA AUFA  
NRP. 3116 040 532**

**Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :  
Dosen Pembimbing I Dosen Pembimbing II**



**Dr. Ir. Hendra Wahyudi, MS  
NIP.19630426198803 1 003**

**S. Kamilia Aziz, ST. MT  
NIP. 19771231200604 2 001**

**Surabaya, Januari 2018**

**10 JAN 2018**

7



**BERITA ACARA**  
**TUGAS AKHIR TERAPAN**  
 PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT LANJUT JENJANG  
 TEKNIK SIPIL  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :  
 037713/ITZ.VI.8.1/PP.06.00/2017

Tanggal : 7/14/2017

Judul Tugas Akhir Terapan	Rencana Pengendalian Banjir di Kawasan Bukit Golf Internasional Surabaya		
Nama Mahasiswa	Falah Dhanika A	NRP	3116040532
Dosen Pembimbing 1	Dr. Ir. Hendra Wahyudi, MS. NIP 19630426 198803 1 003	Tanda tangan	<i>Hendra</i>
Dosen Pembimbing 2	S. Kamilia Aziz, ST., MT. NIP 19771231 200604 2 001	Tanda tangan	<i>Kamili</i>

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<i>cek perhitungan the Ros pada alur tangk. 2 (baca)</i>	<i>[Signature]</i>
	Dwi Indriyani, ST., MT. NIP 19810210 201404 2 001
①. Flanchent diberikan sesuai dengan step 1 <i>litupan</i>	
②. Pictan awal aliran minor salasi → <i>flanchent</i> <i>latah bawakan</i>	<i>[Signature]</i>
	Tatas, ST., MT. NIP 19800621 200501 1 002
	-
	NIP -
	-
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i> 19/12/2017	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
Dwi Indriyani, ST., MT. NIP 19810210 201404 2 001	Tatas, ST., MT. NIP 19800621 200501 1 002	NIP -	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
	Dr. Ir. Hendra Wahyudi, MS. NIP 19630426 198803 1 003	S. Kamilia Aziz, ST., MT. NIP 19771231 200604 2 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**FAKULTAS VOKASI**  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 Falah Dhanika Aupa 2  
**NRP** : 1 3116040532 2  
**Judul Tugas Akhir** : Rencana Pengendalian Banjir dikawasan  
 Bukit Golf Internasional Citraland kota Surabaya  
**Dosen Pembimbing** ① Dr. Ir. Hendra Wahyudi, MS ② Kamilia Aziz, ST, MT  
 196304261988031002 197712312006042001

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
				B	C	K
	1 Mar 2017			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	<del>27 Feb 17</del>	Langkah kerja yg. analisis Hidrologi Citarum ngaji	<i>Hendra</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	30-3-17	Masing 2 lokasi survei Rumahnya dan rumah lain 8kg org dan pakam - HEC RAS Spyc di Surabai	<i>Hendra</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
3	18-5-17	- Hitung luas DAS yg lbh pemetaan banjir - Hitung Volume. Bagan Existing - HEC RAS	<i>Hendra</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Ace ng Wyan	<i>Wyan</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**FAKULTAS VOKASI**  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.dipkimasapi-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 Falah Dhanika A 2  
**NRP** : 1 3116040532 2  
**Judul Tugas Akhir** : Rencana Pengendalian Banjir di kawasan  
 Bukit Golf Internasional CitraLaud Surabaya  
**Dosen Pembimbing** : S. Kamila Aziz ST, MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	13 Apr 17	Latar Belakang perbaiki. Gambar lokasi studi di latar belakang.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	19 Apr 17	Latar Belakang perbaiki Rumusan masalah dan Tujuan diperbaiki.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	9 Juni 17	- Garis di-tabel dan grafik dibetulkan - Per hitungan $T_c$		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal

**RENCANA PENGENDALIAN BANJIR DI KAWASAN  
BUKIT GOLF INTERNASIONAL CITRALAND  
KOTA SURABAYA**

**Nama Mahasiswa : Falah Dhanika Aufa**  
**Nrp : 3116040532**  
**Dosen Pembimbing 1 : Dr. Ir. Hendra Wahyudi, MS**  
**NIP : 19630426 198803 1 003**  
**Dosen Pembimbing 2 : S. Kamilia Aziz, ST MT**  
**NIP : 19771231 200604 2 001**

**ABSTRAK**

Rencana pengendalian banjirdilatarbelakangi oleh permasalahan banjir yang terjadi di saluran tersier BGI Utara dan saluran sekunder Citra Raya. Ketika musim hujan tiba, saluran sekunder dalam keadaan penuh sehingga saluran sekunder tersebut tidak mampu menampung debit dari saluran tersier. Durasi genangan yang terjadi selama 3 jam, dengan kedalaman genangan mencapai 1 m dan luas genangan sekitar 10 ha. Sehingga menyebabkan akses transportasi menjadi terhambat.

Dalam perencanaan pengendalian banjir di Kawasan Bukit Golf Internasional Citraland Kota Surabaya ini dilakukan 2 analisa, yaitu analisa hidrologi dan analisa hidrolika. Dimana analisa hidrologi untuk menghitung curah hujan rencana, dan analisa hidrolika untuk perencanaan dimensi saluran. Kemudian dilakukan analisa alternatif pengendalian banjir jika debit rencana lebih besar dari kapasitas saluran. Alternatif terdiri dari normalisasi saluran dan memfungsikan boezem yang sudah ada.

Alternatif pertama dengan menormalisasi saluran BGI Utara dan saluran Citra Raya. Normalisasi dilakukan dengan mengganti saluran eksisting BGI Utara pipa beton berdiameter 1,5m dengan pipa beton diameter 2m, dan mengganti saluran eksisting Citra Raya dengan Box Culvert uk 2,5m x 2,5m. Alternatif kedua dengan memfungsikan boezem A yang berada di bagian hilir saluran BGI Utara, dengan volume boezem



10932.470m<sup>3</sup>, yang mampu menampung Qrencana periode ulang 5tahun. Untuk Qrencana yang lebih besar dari periode ulang 5tahun maka dibutuhkan boezem yang lebih besar.

Kata kunci : saluran, tersiser, sekunder, banjir, pipa beton, normalisasi, *box culvert*, *boezem*, Citraland.

# **FLOOD CONTROL PLAN IN THE REGION OF BUKIT GOLF INTERNASIONAL CITRALAND SURABAYA CITY**

<b>Student Name</b>	<b>: Falah Dhanika Aufa</b>
<b>Nrp</b>	<b>: 3116040532</b>
<b>Academic Supervisor 1</b>	<b>: Dr. Ir. Hendra Wahyudi, MS</b>
<b>NIP</b>	<b>: 19630426 198803 1 003</b>
<b>Academic Supervisor 2</b>	<b>: S. Kamilia Aziz, ST MT</b>
<b>NIP</b>	<b>: 19771231 200604 2 001</b>

## **ABSTRACT**

The flood control plan is motivated by flood problems occurring in North BGI tertiary channel and Citra Raya secondary channel. When the rainy season arrives, the secondary channels are in full condition so that the secondary can not accommodate the discharge of the tertiary channels. Duration of inundation that occurred for 3 hours, with a depth of puddle reaches 1 m and a puddle area of about 10 ha. So that cause transportation access become obstructed.

In the planning of flood control in Citraland International Golf Hill Area of Surabaya City is done 2 analysis, that is hydrological analysis and hydraulics analysis. Where is the hydrological analysis to calculate the rainfall plan, and hydraulics analysis for the planning of channel dimension. Then an alternative analysis of flood control is performed if the discharge plan is greater than the channel capacity. The alternative consists of channel normalization and the functioning of existing boezem.

The first alternative is to normalize the Northern BGI channel and Citra Raya channel. Normalization is done by replacing the existing channel of Northern BGI 1.5m diameter concrete pipe with 2m diameter concrete pipe, and replacing existing Citra Raya channel with Box Culvert uk 2.5m x 2.5m. The second alternative is to enable boezem A located in the lower part of North BGI channel, with the volume of boezem 10932,470

m<sup>3</sup>, which can accommodate discharge 5 year re-period. For larger discharge than the 5-year re-period, a larger boezem is required.

Keywords: channel, tersiser, secondary, flood, concrete pipe, normalization, box culvert, boezem, Citraland.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan dengan judul **“Rencana Pengendalian Banjir di Bukit Golf Internasional Citraland Kota Surabaya”**.

Proyek akhir ini merupakan salah satu syarat kelulusan bagimahasiswa dalam menempuh pendidikan pada Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis ucapkan terima kasih atas bimbingan serta arahan dari:

1. Bapak Dr. Ir. Hendra Wahyudi, MS selaku dosen pembimbing 1 Tugas Akhir Terapan.
2. Ibu S. Kamilia Aziz, ST., MT selaku dosen pembimbing 2 Tugas Akhir Terapan.
3. Bapak Machsus, ST., MT selaku Kepala Jurusan Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan selaku dosen wali
4. Kedua Orang Tua penulis, Bapak Priyo Heru Santosa dan Ibu Sri Sulastri yang selalu memberikan dukungan berupa doa, motivasi dan kasih sayang yang tiada henti-hentimya
5. Teman-teman DIV LJ Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
6. Dan kepada pihak-pihak lain yang telah begitu banyak membantu namun tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun demi terciptanya hasil dan karya yang jauh lebih baik lagi kedepannya.

Surabaya, 15 Juni 2017

Penulis

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Lokasi Studi.....	4
BAB II KONDISI WILAYAH.....	5
2.1 Lokasi dan Kondisi Eksisting Sistem Drainase.....	5
2.2 Lokasi Daerah Genangan.....	7
2.3 Lokasi dan Kondisi <i>Boezem</i> /Tampungan Air.....	8
2.4 Tata Guna Lahan.....	10
BAB III LANDASAN TEORI.....	11
3.1 Analisa Hidrologi.....	11
3.1.1 Uji Konsistensi Data Hujan (Kurva Massa Ganda).....	11
3.1.2 Curah Hujan Wilayah.....	11
3.1.3 Pemilihan Distrbusi Frekuensi .....	12
3.1.4 Perhitungan Distrbusi Frekuensi .....	15

3.1.5 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi .....	21
3.1.6 Perhitungan Waktu Konsentrasi .....	26
3.1.7 Analisa Intensitas Hujan Metode Mononobe .....	27
3.1.8 Koefisien Pengaliran Gabungan .....	28
3.1.9 Koefisien Penyebaran Hujan ( $\beta$ ) .....	30
3.1.10 Debit Initial Flow .....	30
3.1.11 Perhitungan Unit Hidrograf Metode Nakayasu .....	31
3.2 Analisa Hidrolika.....	31
3.2.1 Koefisien Kekasaran Manning. ....	32
3.2.2 Perencanaan Dimensi Saluran .....	32
3.3 Penanggulangan Banjir Dengan Boezem.....	35
BAB IV METODOLOGI.....	37
4.1 Persiapan.....	37
4.2 Studi Literatur.....	37
4.3 Survei Lapangan.....	37
4.4 Pengumpulan Data.....	38
4.5 Penyusunan Layout Sistem Saluran.....	39
4.6 Analisa Hidrologi.....	39
4.6.1 Uji Konsistensi Data Hujan .....	39
4.6.2 Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata .....	39
4.6.3 Analisa Data Hujan .....	39
4.6.4 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi CH Rencana ....	39

4.6.5 Perhitungan Curah Hujan Rencana .....	40
4.7 Analisa Hidrolika.....	40
4.8 Alternatif Pengendalian Banjir.....	40
4.9 Rencana Anggaran Biaya.....	40
4.10 Jadwal Kegiatan Penyusunan Tugas Akhir Terapan.....	42
4.11 Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir.....	43
BAB V ANALISA DAN PERENCANAAN.....	45
5.1 ANALISA HIDROLOGI.....	45
5.1.1 Stasiun Hujan Yang Berpengaruh .....	45
5.1.2 Uji Konsistensi Data Hujan (Kurva Massa Ganda)...	45
5.1.3 Curah Hujan Wilayah .....	48
5.1.4 Pemilihan Distribusi Frekuensi .....	49
5.1.5 Distribusi Frekuensi Metode <i>Log Person III</i> .....	50
5.1.6 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi .....	52
5.1.7 Pemilihan Hujan Rencana .....	56
5.1.8 Perhitungan Koefisien Pengaliran .....	57
5.1.9 Perhitungan Debit <i>Initialflow</i> .....	63
5.1.10 Metode Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu .....	64
5.1.11 Debit Rencana Sal BGI Utara Titik Kontrol 187 ....	65
5.1.12 Debit Rencana Sal BGI Utara Titik Kontrol 183 ....	69
5.1.13 Debit Rencana Sal BGI Utara Titik Kontrol 177 ....	73
5.1.14 Debit Rencana Sal BGI Utara Titik Kontrol 173 ....	77



5.1.15 Debit Rencana Sal BGI Utara Titik Kontrol 171 ....	81
5.1.16 Debit Rencana Sal BGI Selatan 1 Titik Kontrol 93.	85
5.1.17 Debit Rencana Sal Sumerset Utara Titik Kontrol 193.....	89
5.1.18 Debit Rencana Sal Sumerset Utara Titik Kontrol 191 .....	93
5.1.19 Debit Rencana Sal BGI Selatan 2 Titik Kontrol 76..	97
5.1.20 Debit Rencana Sal BGI Selatan 2 Titik Kontrol 74 .....	101
5.1.21 Debit Rencana Sal Golf Citraland Titik Kontrol 132 .....	105
5.1.22 Debit Rencana Sal Golf Citraland Titik Kontrol 124 .....	109
5.1.23 Debit Rencana Sal Sumerset Selatan Titik Kontrol 160.....	113
5.1.24 Debit Rencana Sal Sumerset Selatan Titik Kontrol 153 .....	117
5.1.25 Debit Rencana Sal LakarsantriTitik Kontrol 145 ..	121
5.1.26 Debit Rencana Sal Lakarsantri Titik Kontrol 142.	125
5.1.27 Debit Rencana Sal Galeria Golf 1 Titik Kontrol 115 .....	129
5.1.28 Debit Rencana Sal Galeria Golf 1 Titik Kontrol 105 .....	133
5.1.29 Debit Rencana Sal Galeria Golf 2 Titik Kontrol 102 .....	137

5.1.30	Debit Rencana Sal Citra Raya 1 Titik Kontrol	62.141
5.1.31	Debit Rencana Sal Citra Raya 2 Titik Kontrol	51.145
5.1.32	Debit Rencana Sal Bukit Bali 1 Titik Kontrol	44..149
5.1.33	Debit Rencana Sal Bukit Bali 2 Titik Kontrol	33..153
5.1.34	Debit Rencana Sal Blok N Titik Kontrol	23.....157
5.1.35	Debit Rencana Sal Banjarmasin Titik Kontrol	13.161
5.2	ANALISA HIDROLIKA.....	166
5.2.1	Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting .....	166
5.2.2	Perbandingan Kapasitas Saluran dengan Debit Rencana .....	168
5.3	ALTERNATIF PENGENDALIAN BANJIR.....	171
5.3.1	Alternatif Normalisasi Saluran BGI Utara dan Citra Raya 1.....	171
5.3.2	Alternatif Boezem BGI Utara.....	179
5.4	RENCANA ANGGARAN BIAYA.....	202
5.4.1	Harga Satuan Pekerjaan Normalisasi dan Boezem..	202
5.4.2	Harga Upah dan Bahan Pekerjaan.....	209
5.4.3	RAB Alternatif Normalisasi Saluran BGI Utara dan Citra Raya 1 .....	214
5.4.4	RAB Alternatif Boezem di Saluran BGI Utara .....	220
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN.....	227
6.1	Kesimpulan.....	227
6.2	Saran.....	227

DAFTAR PUSTAKA.....	229
FOTO HASIL SURVEI LAPANGAN DI KAWASAN BUKIT GOLF INTERNASIONAL KOTA SURABAYA.....	234

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Cara Yang Digunakan Terhadap Derah Tangkapan Air .....	12
Tabel 3.2 Syarat Nilai Statistik untuk Metode Distribusi Probabilitas.....	13
Tabel 3.3 Nilai Variabel Reduksi Gauss .....	16
Tabel 3.4 Kofisien Variasi Distrbusi Log Normal .....	17
Tabel 3.5Yn dan Sn Dengan Jumlah Data.....	18
Tabel 3.5 Yn dan Sn Dengan Jumlah Data (Lanjutan).....	19
Tabel 3.6 Hubungan Cs dan T (Periode Ulang Tahun).....	20
Tabel 3.6 Hubungan Cs dan T (Periode Ulang Tahun) (Lanjutan).....	21
Tabel 3.7 Nilai Chi-Kuadrat Kritis.....	23
Tabel 3.7 Nilai Chi-Kuadrat Kritis (Lanjutan).....	24
Tabel 3.8 Nilai Kritis Do untuk Uji Smirnov-Kolmogorov.....	26
Tabel 3.9 Koefisien Pengaliran.....	29
Tabel 3.10 Koefisien Penyebaran Hujan.....	30
Tabel 3.11 Koefisien Kekasaran Manning (n).....	32
Tabel 4.1 Jadwal Kegiatan Penyusunan Tugas Akhir Terapan...	44
Tabel 5.1 Data Curah Hujan.....	48
Tabel 5.2 Uji Konsistensi Data hujan di Stasiun Gunung Sari....	49
Tabel 5.3 Uji Konsistensi Data hujan di Stasiun Kandangan.....	50
Tabel 5.4 Curah Hujan Wilayah Metode Rata-rata Aljabar.....	51
Tabel 5.5 Mencari Cs dan Ck.....	52
Tabel 5.6 Persyaratan Untuk Metode Distribusi Frekuensi.....	53
Tabel 5.7Perhitungan Log PersonIII.....	54
Tabel 5.8Faktor Frekuensi Distribusi <i>Log Person III</i> .....	54
Tabel 5.9Perhitungan Distribusi LogPersonIII.....	55
Tabel 5.10Perhitungan Grup.....	56
Tabel 5.11Perhitungan Chi Kuadrat Log Person III.....	56
Tabel 5.12Uji Smirnov-Kolmogorov Log PersonIII.....	58

Tabel 5.13	Curah Hujan Rencana Terpilih.....	59
Tabel 5.14	Ketentuan Periode Ulang Saluran.....	59
Tabel 5.15	Koefisien Pengaliran Sal Tersier BGI Utara.....	60
Tabel 5.16	Koefisien Pengaliran Sal Tersier BGI Selatan 1.....	60
Tabel 5.17	Koefisien Pengaliran Sal Tersier Sumerset Utara.....	61
Tabel 5.18	Koefisien Pengaliran Sal Tersier BGI Selatan 2.....	61
Tabel 5.19	Koefisien PengaliranSal Tersier Citra Raya 1.....	61
Tabel 5.20	Koefisien PengaliranSal Tersier Golf Citraland.....	62
Tabel 5.21	Koefisien Pengaliran Sal Tersier Sumerset Selatan...	62
Tabel 5.22	Koefisien Pengaliran Sal Tersier Lakarsantri 1.....	62
Tabel 5.23	Koefisien Pengaliran Sal Tersier Galeria Golf 1.....	63
Tabel 5.24	Koefisien Pengaliran Sal Tersier Galeria Golf 2.....	63
Tabel 5.25	Koefisien Pengaliran Sal Sekunder Citra Raya 2.....	63
Tabel 5.26	Koefisien Pengaliran Sal Sekunder Bukit Bali 1.....	64
Tabel 5.27	Koefisien Pengaliran Sal Sekunder Bukit Bali 2.....	64
Tabel 5.28	Koefisien Pengaliran Sal Sekunder Lakarsantri 2.....	64
Tabel 5.29	Koefisien Pengaliran Sal Sekunder Blok N.....	65
Tabel 5.30	Koefisien Pengaliran Sal Sekunder Banjarmelati.....	65
Tabel 5.31	Perhitungan Debit <i>Initialflow</i> .....	66
Tabel 5.32	Rata-rata tinggi hujan sampai jam ke t.....	67
Tabel 5.33	Rata-rata hujan pada jam ke t.....	68
Tabel 5.34	R efektif jam-jaman saluran BGI Utara (187).....	68
Tabel 5.35	Lengkung Hidrograf Saluran BGI Utara (187).....	70
Tabel 5.36	Hidrograf Banjir Sal BGI Utara (187).....	71
Tabel 5.37	R efektif jam-jaman saluran BGI Utara (183).....	73
Tabel 5.38	Lengkung Hidrograf Saluran BGI Utara (183).....	74
Tabel 5.39	Hidrograf Banjir Sal BGI Utara (183).....	75
Tabel 5.40	R efektif jam-jaman saluran BGI Utara (177).....	77
Tabel 5.41	Lengkung Hidrograf Saluran BGI Utara (177).....	78
Tabel 5.42	Lengkung Hidrograf Saluran BGI Utara (177).....	79
Tabel 5.43	R efektif jam-jaman saluran BGI Utara 173.....	81

Tabel 5.44	Lengkung Hidrograf Saluran BGI Utara (173).....	82
Tabel 5.45	Hidrograf Banjir Sal BGI Utara (173).....	83
Tabel 5.46	R efektif jam-jaman saluran BGI Utara (171).....	85
Tabel 5.47	Lengkung Hidrograf Saluran BGI Utara (171).....	86
Tabel 5.48	Hidrograf Banjir Sal BGI Utara (171).....	87
Tabel 5.49	R efektif jam-jaman Sal BGI Selatan 1 (193).....	89
Tabel 5.50	Lengkung Hidrograf Saluran BGI Selatan 189.....	90
Tabel 5.51	Hidrograf Banjir Saluran BGI Selatan 1 (T=2th).....	91
Tabel 5.52	R efektif Jam-jaman Sal Sumerset Utara.....	93
Tabel 5.53	Lengkung Hidrograf Saluran Sumerset Utara (193).....	94
Tabel 5.54	Hidrograf Banjir Sal Sumerset Utara (193).....	95
Tabel 5.55	R efektif Jam-jaman Sal Sumerset Selatan (191).....	97
Tabel 5.56	Lengkung Hidrograf Saluran Sumerset Utara 191....	98
Tabel 5.57	Hidrograf Banjir Sal Sumerset Utara 191 ( T=2th).	99
Tabel 5.58	R efektif jam-jaman saluran BGI Selatan 2 (76).....	101
Tabel 5.59	Lengkung Hidrograf Saluran BGISelatan 2 (76).....	102
Tabel 5.60	Hidrograf Banjir Sal BGI Selatan 2 (76).....	103
Tabel 5.61	R efektif jam-jaman saluran BGI Selatan 2 (74).....	105
Tabel 5.62	Lengkung Hidrograf Saluran BGISelatan 1 (74).....	106
Tabel 5.63	Hidrograf Banjir Sal BGI Selatan 2 (74).....	107
Tabel 5.64	R efektif jam-jaman saluran Golf Citraland.....	109
Tabel 5.65	Lengkung Hidrograf Saluran Golf Citraland (132).	110
Tabel 5.66	Hidrograf Banjir Sal Golf Citraland (132).....	111
Tabel 5.67	R efektif jam-jaman saluran Golf Citraland 124.....	113
Tabel 5.68	Lengkung Hidrograf Saluran Golf Citraland (124).	114
Tabel 5.69	Hidrograf Banjir Sal Golf Citraland (124).....	115
Tabel 5.70	R efektif Jam-jaman Sal Sumerset Selatan (160)...	117
Tabel 5.71	Lengkung Hidrograf Saluran Sumerset Selatan (160).....	118
Tabel 5.72	Hidrograf Banjir Sal Sumerset Selatan (160).....	119

Tabel 5.73 R efektif Jam-jaman Sal Sumerset Selatan (153)...	121
Tabel 5.74 Lengkung Hidrograf Saluran Sumerset Selatan (153).....	122
Tabel 5.75 Hidrograf Banjir Sal Sumerset Selatan (153).....	123
Tabel 5.76 R efektif Jam-jaman Sal Lakarsantri (145).....	125
Tabel 5.77 Lengkung Hidrograf Saluran Lakarsantri 1 (145)..	126
Tabel 5.78 Hidrograf Banjir Sal Lakarsantri 1 (145).....	127
Tabel 5.79 R efektif Jam-jaman Sal Lakarsantri (142).....	129
Tabel 5.80 Lengkung Hidrograf Saluran Lakarsantri 1 (142)..	130
Tabel 5.81 Hidrograf Banjir Sal Lakarsantri 1 (142).....	131
Tabel 5.82 R efektif jam-jaman saluran Galeria Golf (115).....	133
Tabel 5.83 Lengkung Hidrograf Saluran Galeria Golf 115.....	134
Tabel 5.84 Hidrograf Banjir Sal Galeria Golf ( T=2th).....	135
Tabel 5.85R efektif jam-jaman saluran Galeria Golf (105).....	137
Tabel 5.86Lengkung Hidrograf Saluran Galeria Golf 1 (105).	138
Tabel 5.87 Hidrograf Banjir Sal Galeria Golf 1 (105).....	139
Tabel 5.88R efektif jam-jaman saluran Galeria Golf (102).....	141
Tabel 5.89 Lengkung Hidrograf Saluran Galeria Golf 2 (102).....	142
Tabel 5.90 Hidrograf Banjir Sal Galeria Golf 2 (102).....	143
Tabel 5.91R efektif jam-jaman saluran Citra Raya 1 (62).....	145
Tabel 5.92Lengkung Hidrograf Saluran Citra Raya 1 (62).....	146
Tabel 5.93 Hidrograf Banjir Sal Citra Raya 1(62).....	147
Tabel 5.94R efektif jam-jaman saluran Citra Raya 2 (51).....	149
Tabel 5.95Lengkung Hidrograf Saluran Citra Raya 2.....	150
Tabel 5.96 Hidrograf Banjir Sal Citra Raya 2 (51).....	151
Tabel 5.97R efektif jam-jaman saluran Bukit Bali 1 (44).....	153
Tabel 5.98Lengkung Hidrograf Saluran Bukit Bali 1 (44).....	154
Tabel 5.99 Hidrograf Banjir Sal Bukit Bali 1(44).....	155
Tabel 5.100 R efektif jam-jaman saluran Bukit Bali 2 (33).....	157
Tabel 5.101Lengkung Hidrograf Saluran ukit Bali 2 (33).....	158

Tabel 5.102 Hidrograf Banjir Sal Bukit Bali 2(33).....	159
Tabel 5.103R efektif jam-jaman saluran Blok N (23).....	161
Tabel 5.104Lengkung Hidrograf Saluran Blok N (23).....	162
Tabel 5.105 Hidrograf Banjir Sal Blok N (23).....	163
Tabel 5.106 R efektif jam-jaman saluran Banjarmelati (13).....	165
Tabel 5.107 Lengkung Hidrograf Saluran Banjarmelati (13)...	166
Tabel 5.108 Hidrograf Banjir Sal Banjarmelati (13).....	167
Tabel 5.109 Hasil Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting.....	170
Tabel 5.110 Perbandingan Qkapasitas dan Qrencana (T=2th)...	171
Tabel 5.110 Perbandingan Qkapasitas dan Qrencana (T=2th) (Lanjutan).....	172
Tabel 5.111 Perbandingan Qkapasitas dan Qrencana (T=5th)...	172
Tabel 5.111 Perbandingan Qkapasitas dan Qrencana (T=5th) (Lanjutan).....	173
Tabel 5.112 Kapasitas Saluran Rencana Alternatif Normalisasi.....	178
Tabel 5.113 Rekap Alternatif Normalisasi Periode Ulang 2tahun.....	179
Tabel 5.113 Rekap Alternatif Normalisasi Periode Ulang 2tahun (Lanjutan).....	180
Tabel 5.114 Rekap Alternatif Normalisasi Periode Ulang 5tahun.....	180
Tabel 5.114 Rekap Alternatif Normalisasi Periode Ulang 5tahun (Lanjutan).....	181
Tabel 5.115Debit Rencana BGI Utara 187,183,177,173.....	182
Tabel 5.116Perhitungan Debit Inflow Boezem BGI Utara.....	184
Tabel 5.117 Lengkung KapasitasBoezem BGI Utara.....	191
Tabel 5.118 Perhitungan Fungsi Simpanan-Outflow.....	192
Tabel 5.119 Perhitungan Floud Routing Boezem BGI Utara.	194
Tabel 5.119 Perhitungan Floud Routing Boezem BGI Utara (Lanjutan).....	195



Tabel 5.120 Rekap Alternatif BoezemBGI Utara (T=2th).....	202
Tabel 5.120 Rekap Alternatif Boezem BGI Utara (T=2th) (Lanjutan).....	203
Tabel 5.121 Rekap Alternatif Boezem BGI Utara (T=5th).....	203
Tabel 5.122 Harga Satuan Pekerjaan Normalisasi dan Boezem di Hilir Saluran BGI Utara.....	206
Tabel 5.122 Harga Satuan Pekerjaan Normalisasi dan Boezem di Hilir Saluran BGI Utara (Lanjutan).....	207
Tabel 5.123 Harga Upah dan Bahan Pekerjaan.....	212
Tabel 5.123 Harga Upah dan Bahan Pekerjaan (Lanjutan).....	213
Tabel 5.124 Rekapitulasi RAB Normalisasi Saluran.....	220
Tabel 5.124 Rekapitulasi RAB Normalisasi Saluran (Lanjutan).....	221
Tabel 5.125 Rekapitulasi RAB Boezem di Sal BGI Utara.....	227
Tabel 5.125Rekapitulasi RAB Boezem di Sal BGI Utara (Lanjutan).....	228

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lokasi Studi .....	4
Gambar 2.1 Lokasi dan Kondisi Eksisting Sistem Drainase .....	6
Gambar 2.2 Lokasi dan Kondisi Genangan.....	7
Gambar 2.3 Genangan (2jam) .....	7
Gambar 2.4 Genangan(3-4jam) .....	8
Gambar 2.5 Lokasi dan Kondisi <i>Boezem</i> /Tampungan Air .....	8
Gambar 2.6 Boezem A .....	9
Gambar 2.7 Boezem B .....	9
Gambar 2.8 Lokasi dan Kondisi <i>Boezem</i> /Tampungan Air .....	10
Gambar 3.1 Penampang Trapesium Ekonomis.....	33
Gambar 3.2 Penampang Persegi Ekonomis.....	34
Gambar 3.3 Penampang Lingkaran Ekonomis.....	35
Gambar 4.1 Diagram Alir Tugas Akhir Terapan.....	45
Gambar 5.1 Grafik Uji Konsistensi di Stasiun Wonokromo... ..	49
Gambar 5.2 Grafik Uji Konsistensi di Stasiun Kandangan.....	50
Gambar 5.3 Hidrograf Banjir Outlet Saluran BGI Utara 187 Periode Ulang 2 tahun.....	72
Gambar 5.4 Hidrograf Banjir Outlet Saluran BGI Utara Titik Kontrol 183 Periode Ulang 2 tahun.....	76
Gambar 5.5 Hidrograf Banjir Outlet Saluran BGI Utara Titik Kontrol 177 Periode Ulang 2 tahun.....	80
Gambar 5.6 Hidrograf Banjir Outlet Saluran BGI Utara Titik Kontrol 173 Periode Ulang 2 tahun.....	84
Gambar 5.7 Hidrograf Banjir Outlet Saluran BGI Utara Titik Kontrol 171 Periode Ulang 2 tahun.....	88
Gambar 5.8 Hidrograf Banjir Outlet Saluran BGI Selatan 1Titik Kontrol 93 Periode Ulang 2 tahun.....	92
Gambar 5.9 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Sumersset Utara Titik Kontrol193 Periode Ulang 2 tahun.....	96

Gambar 5.10 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Sumerset Utara	
Titik Kontrol 191 Periode Ulang 2 tahun.....	100
Gambar 5.11 Hidrograf Banjir Outlet Saluran BGI Sel 2 Titik	
Kontrol 76 Periode Ulang 2 tahun.....	104
Gambar 5.12 Hidrograf Banjir Outlet Saluran BGI Sel 2 Titik	
Kontrol 74 Periode Ulang 2 tahun.....	108
Gambar 5.13 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Golf Citraland	
Titik Kontrol 132 Periode Ulang 2 tahun.....	112
Gambar 5.14 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Golf Citraland	
Titik Kontrol 124 Periode Ulang 2 tahun.....	116
Gambar 5.15 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Sumerset Selatan	
Titik Kontrol 160 Periode Ulang 2 tahun .....	120
Gambar 5.16 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Sumerset	
Selatan Titik Kontrol 153 Periode Ulang 2 tahun.....	124
Gambar 5.17 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Lakarsantri 1 Titik	
Kontrol 145 Periode Ulang 2 tahun.....	128
Gambar 5.18 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Lakarsantri 2 Titik	
Kontrol 142 Periode Ulang 2 tahun.....	132
Gambar 5.19 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Galeria Golf Titik	
Kontrol 115 Periode Ulang 2 tahun.....	136
Gambar 5.20 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Galeria Golf 1	
Titik Kontrol 105 Periode Ulang 2 tahun.....	140
Gambar 5.21 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Galeria Golf 2	
Titik Kontrol 102 Periode Ulang 2 tahun.....	144
Gambar 5.22 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Citra Raya 1 Titik	
Kontrol 62 Periode Ulang 2 Tahun.....	148
Gambar 5.23 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Citra Raya 2 Titik	
Kontrol 51 Periode Ulang 5 Tahun.....	152
Gambar 5.24 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Bukit Bali 1 Titik	
Kontrol 44 Periode Ulang 5 Tahun.....	156

Gambar 5.25 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Bukit Bali 1 Titik Kontrol 33 Periode Ulang 5 Tahun.....	160
Gambar 5.26 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Blok N Titik Kontrol 23 Periode Ulang 5 Tahun.....	164
Gambar 5.27 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Banjarmasin Titik Kontrol 13 Periode Ulang 5 Tahun.....	168
Gambar 5.28 Saluran BGI Utara Eksisting.....	175
Gambar 5.29 Saluran BGI Utara Rencana Normalisasi.....	175
Gambar 5.30 Saluran Citra Raya 1 Eksisting.....	176
Gambar 5.31 Saluran Citra Raya 1 Rencana Normaliasi.....	177
Gambar 5.32 Grafik Hubungan Debit Rencana BGI Utara 187,183,177,173 dan Qinflow.....	183
Gambar 5.33 Kondisi Aliran = 0,1 D.....	185
Gambar 5.34 Kondisi Aliran = 0,2 D.....	186
Gambar 5.35 Kondisi Aliran = 0,3 D.....	186
Gambar 5.36 Kondisi Aliran = 0,4D.....	187
Gambar 5.37 Kondisi Aliran = 0,6 D.....	188
Gambar 5.38 Kondisi Aliran = 0,7 D.....	189
Gambar 5.39 Kondisi Aliran = 0,8 D.....	189
Gambar 5.40 Kondisi Aliran = 0,9 D.....	190
Gambar 5.41 Kurva Tampungan Boezem BGI Utara.....	193
Gambar 5.42 Hidrograf Boezem BGI Utara Periode Ulang 2 Tahun.....	201
Gambar 5.43 Saluran Eksisting dan Rencana BGI Utara.....	217
Gambar 5.44 Saluran Eksisting dan Rencana Citra Raya 1.....	218
Gambar 5.45 Rencana Boezem di Saluran BGI Utara.....	223
Gambar 5.46 Dinding Beton Boezem Tampak Samping.....	224
Gambar 5.47 Dinding Beton Inlet .....	224
Gambar 5.48 Dinding Beton Outlet .....	225
Gambar 6.1Kondisi Banjir di hilir Saluran BGI Utara.....	238
Gambar 6.2Kondisi Banjir di Saluran Bukit Bali.....	238

Gambar 6.3Kondisi Banjir di Saluran Blok N.....	239
Gambar 6.4Kondisi Banjir di Saluran Banjarmelati.....	239
Gambar 6.5Kondisi Eksisting di Saluran BGI Utara (Ø1,5m).....	240
Gambar 6.6Kondisi sedimen di Saluran BGI Utara (Ø 1,5m).....	240
Gambar 6.7 Kondisi Eksisting <i>ManHole</i> .....	241
Gambar 6.8 Kondisi Eksisting Inlet.....	241

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kawasan Bukit Golf Internasional terletak dekat dengan Universitas Ciputra dan Ciputra Waterpark merupakan salah satu kawasan yang berada di selatan Citraland kelurahan Jeruk kecamatan Lakarsantri kota Surabaya. Di sebagian kawasan ini terjadi banjir tepatnya di saluran sekunder Banjarmelati yang merupakan outlet dari seluruh saluran di kawasan Bukit Golf Internasional . Ketika musim hujan tiba, saluran sekunder meluap sehingga saluran sekunder tersebut tidak mampu menampung debit dari saluran tersier. Hal tersebut menimbulkan banjir di sepanjang aliran saluran sekunder Banjarmelati termasuk menggenangi jalan, perumahan mewah dan lapangan golf di kawasan Bukit Golf Internasional. Durasi genangan yang terjadi selama 3 jam, dengan kedalaman genangan mencapai 1 m dan luas genangan sekitar 10 ha. Sehingga menyebabkan akses transportasi menjadi terhambat.

Pada saat ini pihak Pemerintah Kota Surabaya telah membangun pintu air berdimensi sama dengan salurannya yaitu 4m x 3m di saluran sekunder Banjarmelati dan menutup sebagian pintu air tersebut secara permanen bertujuan untuk membatasi debit air yang keluar menuju kampung Banjarmelati. Selain itu pihak Citraland Surabaya telah membuatkan boezem/ tampungan air di seluruh kawasan Citraland dan memperluas kawasan resapan air dengan menanam pohon-pohon di dalam kawasan Bukit Golf Internasional. Tetapi boezem tersebut masih belum berfungsi dengan maksimal.

Berdasarkan latar belakang tersebut untuk mengatasi permasalahan banjir yang ada di kawasan Bukit Golf Internasional maka diperlukan rekayasa penanganan banjir

dengan memfungsikan boezem agar air dari saluran tersier ditahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke saluran sekunder.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Rencana pengendalian banjir di kawasan Bukit Golf Internasional dapat dirumuskan permasalahannya adalah sebagai berikut:

1. Apakah penyebab terjadinya banjir di kawasan Bukit Golf Internasional Citraland ?
2. Mengapa saluran sekunder meluap pada saat curah hujan tinggi ?
3. Apakah boezem/tampungan air yang ada sudah berfungsi dengan baik ?
4. Jika Citraland membatasi debit air yang keluar dari kawasan, maka berapa volume boezem yang diperlukan untuk menampung sementara air tersebut ?
5. Apa alternatif solusi dari permasalahan banjir yang terjadi di Bukit Golf Internasional ?

### **1.3 Batasan Masalah**

Sesuai dengan latarbelakang diatas, maka penanganan permasalahan banjir di Bukit Golf Internasional dibatasi sebagai berikut.

1. Koefisien aliran untuk fungsi lahan menggunakan data tata guna lahan
2. Perhitungan debit rencana menggunakan periode ulang 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun.
3. Memberikan alternatif solusi pengendalian banjir dengan normalisasi saluran dan mefungsikansalah satu boezem.
4. Penyelesaian setiap alternatif hanya sebatas Rencana Anggaran Biaya saja.

#### **1.4 Tujuan**

Dengan memperhatikan latar belakang dan permasalahan yang terjadi di Kawasan Bukit Golf Internasional Citraland Kota Surabaya, maka tujuan studi ini adalah:

1. Mengidentifikasi penyebab terjadinya banjir di kawasan Bukit Golf Internasional Citraland Kota Surabaya.
2. Merencanakan ulang dimensi saluran sekunder yang meluap jika pada saat curah hujan tinggi.
3. Mengoptimalkan fungsi dari boezem/tampungan air di kawasan Bukit Golf Internasional Citraland Kota Surabaya.
4. Merencanakan ulang volume boezem/tampungan air yang diperlukan.
5. Memberikan 2 alternatif solusi dan setiap alternatif dilakukan analisa Rencana Anggaran Biaya (RAB).

#### **1.5 Manfaat**

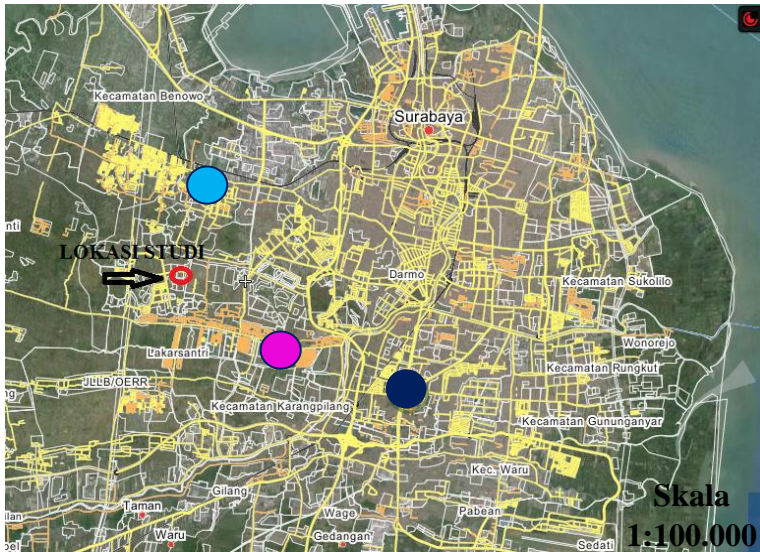
Dengan memperhatikan tujuan dari studi ini, maka manfaat dalam rencana pengendalian banjir di kawasan Bukit Golf Internasional adalah:

1. Dapat mengatasi banjir di dalam maupun luar Kawasan Bukit Golf Internasional Citraland Kota Surabaya.
2. Membuat kelangsungan hidup di kawasan tersebut menjadi normal kembali karena tidak ada banjir meskipun curah hujan tinggi.







## 1.6 Lokasi Studi

Lokasi Tugas Akhir Terapan ini di Kawasan Bukit Golf Internasional Citraland, Kelurahan Jeruk, Kecamatan Lakarsantri, Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur.



Gambar 1.1Peta Lokasi Studi

Dimana :

-  = Kawasan Bukit Golf Internasional Citraland Surabaya
-  = Stasiun Hujan Gunung Sari
-  = Stasiun Hujan Kandangan
-  = Stasiun Hujan Wonokromo

## **BAB II**

### **KONDISI WILAYAH**

#### **2.1 Lokasi dan Kondisi Eksisting Sistem Drainase**

Dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dalam *Surabaya Drainage Master Plan*(SDMP), dan PT Ciputra Surya Tbk selaku pemilik lahan, berikut adalah data-data sistem drainase kali banjir melati di kawasan Bukit Golf Internasional kelurahan jeruk kecamatan lakarsantri Kota Surabaya :

- Utara : dibatasi oleh Waterpark dan Universitas Ciputra
- Selatan : dibatasi oleh Kampung Banjarmelati
- Timur : dibatasi oleh Citraland Timur
- Barat : dibatasi oleh Kabupaten Gresik

Di dalam sistem drainase sebagian wilayah Citraland Surabaya, terdapat satu saluran sekunder yaitu Kali Banjarmelati yang mencakup *cacthment area* sebagian wilayah Citraland Surabaya. Saluran sekunderBanjarmelati ini menerima debit daribeberapa saluran yaitu:

- Saluran tersier BGI Utara
- Saluran tersier BGI Selatan 1
- Saluran tersier BGI Selatan 2
- Saluran tersier Sumersetr Utara
- Saluran tersier Golf Avenue
- Saluran tersier Citra Raya 1
- Saluran tersier Golf Citraland
- Saluran tersier Sumerset Selatan
- Saluran tersier Lakarsantri 1
- Saluran tersier Galeria Golf 1
- Saluran tersier Galeria Golf 2
- Saluran sekunder Citra Raya 2
- Saluran sekunder Bukit Bali 1
- Saluran sekunder Bukit Bali 2
- Saluran sekunder Lakarsantri 2
- Saluran sekunder Blok N

- Saluran sekunder Banjarmelati



Gambar 2.1 Lokasi dan Kondisi Eksisting Sistem Drainase

Dimana :

- = *Cacthment area* saluran sekunder Banjarmelati
- = Lokasi boezem/tampungan eksisting
- = Sistem jaringan drainase

## 2.2 Lokasi Daerah Genangan



Gambar 2.2 Lokasi dan Kondisi Genangan

Dimana :



= Genangan terjadi dengan durasi 2 jam



= Genangan terjadi dengan durasi 3-4 jam

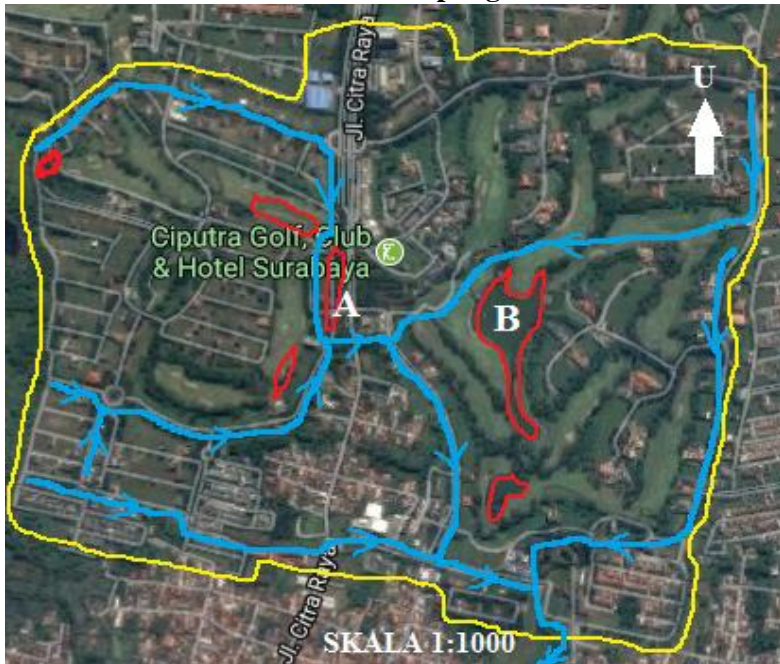


Gambar 2.3 Genangan(2jam)



Gambar 2.4 Genangan (3-4 jam)

### 2.3 Lokasi dan Kondisi Boezem/Tampungan Air



Gambar 2.5 Lokasi dan Kondisi Boezem/Tampungan Air

Dimana :

*Boezem A* = Terletak di Kawasan Golf Citraland

*Boezem B* = Terletak di Kawasan Bukit Golf Internasional



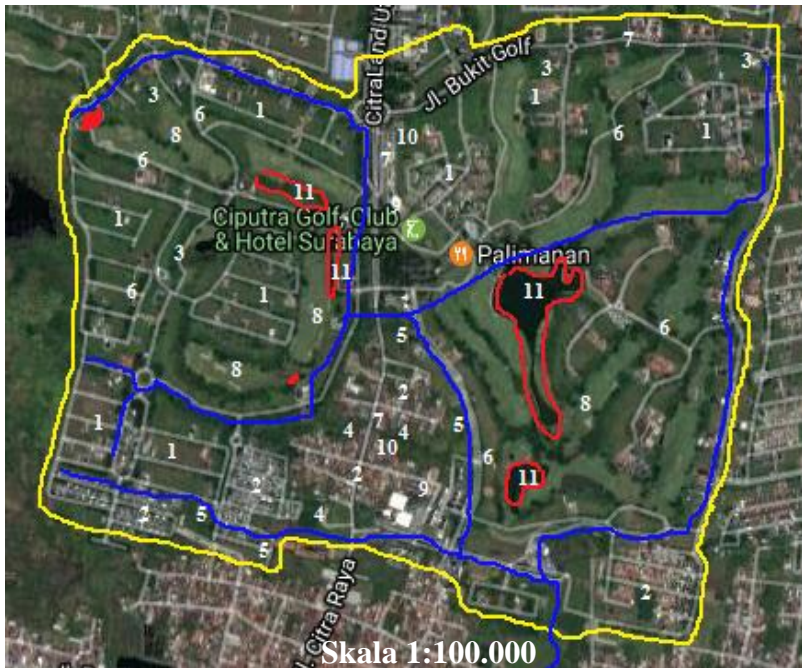


Gambar 2.6 Boezem A



Gambar 2.7 Boezem B

## 2.4 Tata Guna Lahan



Gambar 2.8 Lokasi dan Kondisi *Boezem*/Tampungan Air

Dimana :

1. Perumahan mewah
2. Pemukiman padat penduduk
3. Taman
4. Sawah
5. Semak belukar
6. Jalan paving
7. Jalan aspal
8. Golf (Rumput)
9. Fasilitas umum
10. Pertokoan/Perdagangan
11. Danau/Kolam

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Analisa Hidrologi**

Dalam analisa hidrologi akan dikaji data hujan, rata-rata hujan, curah hujan rencana, distribusi hujan dan debit banjir rencana.

##### **3.1.1 Uji Konsistensi Data Hujan (Kurva Massa Ganda)**

Perubahan atau pemindahan lokasi stasiun hujan, gangguan lingkungan, kerusakan instrumentasi, ketidaksesuaian prosedur pengukuran seringkali menjadikan adanya perubahan relatif terhadap nilai data hujan yang tercatat. Oleh karena itu untuk menghasilkan hasil analisa hidrologi yang baik, pemeriksaan terhadap konsistensi data hujan sangat diperlukan. Prosedur yang digunakan untuk melakukan uji konsistensi data ini adalah menggunakan analisa kurva massa ganda sebagai berikut :

1. Menghitung hujan tahunan untuk masing-masing stasiun
2. Menghitung rata-rata hujan tahunan untuk stasiun pembanding
3. Menghitung komulatif hujan tahunan untuk stasiun yang akan diuji
4. Menghitung komulatif hujan tahunan untuk stasiun pembanding
5. Melakukan penggambaran dalam bentuk diagram pencar antara stasiun yang akan diuji dan stasiun pembanding.
6. Melakukan analisa terhadap konsistensi data hujan dengan cara membuat garis lurus yang dibuat pada diagram pencar.

##### **3.1.2 Curah Hujan Wilayah**

Berikut adalah ketentuan-ketentuan yang dapat digunakan untuk menentukan cara mana yang paling sesuai terhadap daerah tangkapan air tersebut. Seperti pada tabel 3.1



**Tabel 3.1 Cara Yang Digunakan Terhadap Derah Tangkapan Air**

Parameter	Kondisi	Cara Yang Dapat Digunakan
Jumlah Stasiun Hujan	Cukup	Aljabar, Poligon Thiessen, Isohyet
	Terbatas	Rata-rata Aljabar, Poligon Thiessen
	>5000 km <sup>2</sup> (Besar)	Isohyet
Luas DAS	501-5000 km <sup>2</sup> (Sedang)	Poligon Thiessen
	<500 km <sup>2</sup> (Kecil)	Rata-rata Aljabar
	Pegunungan	Poligon Thiessen
Kondisi Topografi	Dataran	Rata-rata Aljabar
	Berbukit dan tidak beraturan	Isohyet dan Poligon Thiessen

*Sumber:* (Suripin, 2004)

Untuk menghitung curah hujan rata-rata didalam Analisa Hidrologi digunakan Metode Aritmatika. Cara ini adalah dengan melakukan perhitungan rata-rata secara aritmatika curah hujan di dalam dan di sekitar daerah yang ditinjau.

Dengan rumus:

$$R = \frac{1}{n}(R_1 + R_2 + R_3 + ..... + R_n)$$

Dimana:

R = Curah hujan daerah

n = Jumlah titik atau pos pengamatan

R<sub>1</sub> , R<sub>2</sub> , R<sub>3</sub> = Curah hujan di tiap titik pengamatan

*Sumber:* (Wesli, 2008)

### **3.1.3Pemilihan Distrbusi Frekuensi**

Adapun cara untuk memilih distribusi frekuensi yang akan digunakan dalam perhitungan selanjutnya adalah dengan memperhatikan tabel 3.2

Tabel 3.2 Syarat Nilai Statistik untuk Metode Distribusi Probabilitas

Distribusi	Parameter Statistik	Hasil	Status
Normal	$-0,015 < C_s < 0,015$	0,35	NO
Log Normal	$C_k = 3$	3,83	
Gumbel	$C_s = 1.14$	0,35	NO
	$C_k = 5.4$	3,83	
Log Pearson III	$C_s = \text{Fleksibel}$	0,35	OK
	$C_k = \text{Fleksibel}$	3,83	

Sumber: (Harto, n.d.)

### 3.1.3.1 Curah Hujan Rata-Rata

Tinggi rata-rata curah hujan didapat dengan mengambil nilai rata-rata hitung (arithmetic mean) pengukuran hujan di pos-pos penakar hujan didalam areal tersebut dan rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\bar{X} = (X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n) / n$$

Dimana:

$\bar{X}$  = tinggi curah hujan rata-rata

$X_1 \dots X_n$  = tinggi curah hujan pada pos penakar

$n$  = banyaknya pos penakar

Sumber: (Soewarno, 1995)

Cara ini akan memberikan hasil yang dapat dipercaya jika pos-pos penakar ditempatkan secara merata di area tersebut, dan hasil penakaran masing-masing pos penakar tidak menyimpang jauh dari nilai rata-rata seluruh pos di seluruh area.

### 3.1.3.2 Deviasi Standar

Pada umumnya ukuran dispersi yang paling banyak digunakan adalah deviasi standar. Apabila penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata-rata maka nilai deviasi standar akan besar, begitu juga berlaku sebaliknya apabila penyebaran data

sangat kecil terhadap nilai rata-rata, maka nilai deviasi standar juga akan kecil.

Deviasi standar dapat dihitung dengan rumus :

$$S = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Dimana:

S = Standar deviasi

Xi = Nilai varian

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata

n = Jumlah data

*Sumber:* (Soewarno, 1995)

### 3.1.3.3 Koefisien Skewness (Kemencengan)

Koefisien Skewness (kemencengan) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan dari suatu bentuk distribusi.

Koefisien Skewness untuk sampel dapat dihitung dengan rumus:

$$\alpha = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^3$$

$$Cs = \frac{\alpha}{S}$$

Dimana:

Xi = Data ke-i

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata

n = Jumlah data

Cs = Koefisien Skewness

S = Standar deviasi

*Sumber:* (Soewarno, 1995)

### 3.1.3.4 Koefisien Kurtosis

Koefisien Kurtosis digunakan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi.

Koefisien kurtosis dapat dirumuskan dengan rumus sebagai berikut:

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^4$$

Dimana:

$X_i$  = Data ke-i

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata

$n$  = Jumlah data

$Ck$  = Koefisien Kurtosis

$S$  = Standar deviasi

*Sumber:* (Soewarno, 1995)

### 3.1.4 Perhitungan Distribusi Frekuensi

Tujuan dilakukannya perhitungan ini adalah untuk mendapatkan curah hujan rencana pada setiap periode ulang yang diinginkan. Metode distribusi yang dapat digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana ini adalah metode distribusi normal, metode distribusi log normal, metode distribusi gumbel dan distribusi log person III

#### 3.1.4.1 Metode Distribusi Normal

Distribusi Normal banyak digunakan dalam analisa hidrologi. Distribusi Normal atau kurva normal disebut Distribusi Gauss. Data variabel hidrologi yang telah dihitung besarnya peluang atau periode ulangnya, selanjutnya apabila digambarkan pada kertas grafik peluang, umurnya akan membentuk persamaan garis lurus.

Persamaan umum yang digunakan adalah:

$$X_{tr} = \bar{X} + K \cdot S$$

Dimana:

$X_{tr}$  = Perkiraan nilai peluang pada periode ulang tertentu

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata hitung varian

$S$  = Standar deviasi

$K$  = Faktor frekuensi kejadian

*Sumber:* (Suripin, 2004)

Nilai faktor frekuensi K umumnya sudah tersedia dalam tabel untuk mempermudah perhitungan, seperti ditunjukkan dalam Tabel 3.3 yang umum disebut tabel Nilai Variabel Reduksi Gauss.

Tabel 3.3 Nilai Variabel Reduksi Gauss

Periode Ulang (T)	Peluang	k
1,001	0,999	-3,1
1,11	0,901	-1,3
2	0,5	0
2,5	0,4	0,5
3,33	0,3	0,52
4	0,25	0,67
5	0,2	0,84
10	0,1	1,28
25	0,05	1,71
50	0,02	2,05
100	0,01	2,33
200	0,005	2,58
500	0,002	2,88
1000	0,001	3,09

*Sumber:* (Suripin, 2004)

### 3.1.4.2 Distribusi Metode Log Normal

Distribusi log normal merupakan hasil transformasi dari distribusi normal, yaitu dengan mengubah nilai varian X menjadi nilai logaritmik varian X seperti yang dijelaskan pada tabel 3.4

Persamaan:

$$\text{Log } X_{tr} = \overline{\text{Log } X} + K \cdot S_{\log X}$$

Dimana:

$\text{Log } X_{tr}$  = Curah hujan pada periode ulang tertentu

$S_{\log X}$  = Standart deviasi data hujan

$K$  = Faktor variabel reduksi Gauss

$\overline{\text{Log } X}$  = Curah hujan rata-rata

Yang nilainya bergantung dari koefisien variasi (Cv)

$$Cv = \frac{Sx}{\bar{X}} = \frac{\text{Standar deviasi}}{\text{Nilai rata-rata}}$$

Tabel 3.4 Kofisien Variasi Distrbusi Log Normal

Cv	2	5	10	20	50	100
0.05	-0.25	0.8334	1.2965	1.6863	2.1341	2.437
0.1	-0.0496	0.8222	1.3078	1.7247	2.213	2.5489
0.15	-0.0738	0.8085	1.3156	1.7598	2.2899	2.6607
0.2	-0.0971	0.7926	1.32	1.7911	2.364	2.7716
0.25	-0.1194	0.7746	1.3209	1.8183	2.4348	2.8805
0.3	-0.1406	0.7547	1.3183	1.8414	2.5016	2.9866
0.35	-0.1604	0.7333	1.3126	1.8602	2.5638	3.089
0.4	-0.1788	0.7106	1.3037	1.8746	2.6212	3.187
0.45	-0.1957	0.687	1.292	1.8848	2.6734	3.2199
0.5	-0.2111	0.6626	1.2778	1.8909	2.7202	3.3673
0.55	-0.2251	0.6379	1.2613	1.8931	2.7615	3.4488
0.6	-0.2375	0.6129	1.2428	1.8915	2.7974	3.5241
0.65	-0.2485	0.5879	1.2226	1.8866	2.8279	3.593
0.7	-0.2582	0.5631	1.2011	1.8786	2.8532	3.6556
0.75	-0.2667	0.5387	1.1784	1.8677	2.8735	3.7118
0.8	-0.2739	0.5148	1.1548	1.8543	2.8891	3.7617
0.85	-0.2801	0.4914	1.1306	1.8388	2.9002	3.8056
0.9	-0.2852	0.4686	1.106	1.8212	2.9071	3.8437
0.95	-0.2895	0.4466	1.081	1.8021	2.9103	3.8762
1	-0.2929	0.4254	1.056	1.7815	2.9098	3.9035

Sumber: (Suripin, 2004)

### 3.1.4.3 Metode Distribusi Gumbel

Metode ini menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$Y_t = - \ln ( \ln (T-1)/T)$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

$$X_t = \bar{x} + k.S$$

Dimana:

T = Periode Ulang

Y<sub>t</sub> = *Reduced variate* sebagai fungsi periode ulang t

Y<sub>n</sub> = *Reduced mean* sebagai fungsi dari banyaknya data-n

S<sub>n</sub> = *Reduced standart/standar deviasi*

X<sub>t</sub> = Nilai curah hujan pada periode ulang tertentu

$\bar{x}$  = Curah hujan rata-rata

K = Faktor frekuensi kejadian

Sumber: (Suripin, 2004)

Untuk menentukan harga Y<sub>n</sub> dan S<sub>n</sub> dapat dilihat pada tabel 3.5

Tabel 3.5 Y<sub>n</sub> dan S<sub>n</sub> Dengan Jumlah Data

n	Y <sub>n</sub>	S <sub>n</sub>	n	Y <sub>n</sub>	S <sub>n</sub>	n	Y <sub>n</sub>	S <sub>n</sub>
8	0,4843	0,9403	39	0,5430	11,388	70	0,5548	11,854
9	0,4902	0,9288	40	0,5436	11,413	71	0,5550	11,863
10	0,4952	0,9497	41	0,5442	11,436	72	0,5552	11,873
11	0,4996	0,9676	42	0,5448	11,458	73	0,5555	11,881
12	0,5053	0,9833	43	0,5453	11,480	74	0,5557	11,890
13	0,5070	0,9972	44	0,5258	11,490	75	0,5559	11,898
14	0,5100	10,098	45	0,5463	11,518	76	0,5561	11,906
15	0,5128	10,206	46	0,5468	11,538	77	0,5563	11,915
16	0,5157	10,316	47	0,5473	11,557	78	0,5565	11,923
17	0,5181	10,411	48	0,5447	11,574	79	0,5567	11,930
18	0,5202	10,493	49	0,5481	11,590	80	0,5569	11,938
19	0,5220	10,566	50	0,5485	11,607	81	0,5570	11,945
20	0,5235	10,629	51	0,5489	11,623	82	0,5572	11,953
21	0,5252	10,096	52	0,5493	11,638	83	0,5574	11,959
22	0,5268	10,754	53	0,5497	11,653	84	0,5576	11,967
23	0,5283	10,811	54	0,5501	11,667	85	0,5578	11,973

Tabel 3.5 Yn dan Sn Dengan Jumlah Data (Lanjutan)

n	Yn	Sn	n	Yn	Sn	n	Yn	Sn
24	0,5296	10,864	55	0,5504	11,681	86	0,5580	11,980
25	0,5309	10,914	56	0,5508	11,696	87	0,5581	11,987
26	0,5320	10,961	57	0,5511	11,708	88	0,5583	11,994
27	0,5332	11,004	58	0,5515	11,721	89	0,5585	12,001
28	0,5343	11,047	59	0,5518	11,734	90	0,5586	12,007
29	0,5353	11,086	60	0,5521	11,747	91	0,5587	12,013
30	0,5362	11,124	61	0,5524	11,759	92	0,5589	12,020
31	0,5371	11,159	62	0,5527	11,770	93	0,5591	12,026
32	0,5380	11,193	63	0,5530	11,782	94	0,5592	12,032
33	0,5388	11,226	64	0,5533	11,793	95	0,5593	12,038
34	0,5396	11,255	65	0,5535	11,803	96	0,5595	12,044
35	0,5403	11,285	66	0,5538	11,814	97	0,5596	12,049
36	0,5410	11,313	67	0,5540	11,824	98	0,5598	12,055
37	0,5418	11,339	68	0,5543	11,834	99	0,5599	12,060
38	0,5424	11,363	69	0,5545	11,844	100	0,5600	12,065

Sumber: (Triatmodjo, 2008)

#### 3.1.4.4 Distribusi Metode Log Person Tipe III

Perumusan Distribusi Log Person Tipe III sebagai berikut:

a. Logaritma X dengan persamaan :

$$\text{Log } X_{tr} = \overline{\text{Log } X} + K \cdot S$$

b. Nilai rerata dengan persamaan :

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum \text{Log } X}{n}$$

c. Standar deviasi dan Kofisien asimetri dengan persamaan :

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } X - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1}}$$

$$Cs = \frac{n \times \sum (\text{log } X - \overline{\text{Log } X})^3}{(n-1) \times (n-2) \times S^3}$$



Dimana:

Xtr = Curah hujan pada periode ulang tertentu

S = Standart deviasi data hujan

K = Harga dari tabel

Cs = Koefisien Skewness

n = Jumlah data

$\bar{X}$  = Curah hujan rata-rata

Tabel 3.6 Hubungan Cs dan T (Periode Ulang Tahun)

Kemencengan (Cs)	Periode Ulang Tahun							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,126	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	2,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	2,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	-0,099	0,800	1,328	2,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	2,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	2,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,05	0,824	1,309	2,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	2,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	2,785	2,107	2,400	2,670	3,235

Sumber: (Suripin, 2004)

**Tabel 3.6 Hubungan Cs dan T (Periode Ulang Tahun) (Lanjutan)**

Kemen- cengan (Cs)	Periode Ulang Tahun							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
0,00	0,000	0,842	1,282	2,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	2,761	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,05	0,853	1,245	1,643	1,834	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,777	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,720	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,05	0,857	1,200	1,528	1,663	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,066	0,857	1,183	1,488	1,603	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,083	0,856	1,166	1,488	1,549	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,099	0,854	1,147	1,407	1,492	1,660	1,749	1,910
-1	0,116	0,852	1,128	1,366	1,379	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,132	0,844	1,086	1,282	1,270	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,148	0,832	1,041	1,198	1,166	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,164	0,817	0,994	1,116	1,069	1,200	1,216	1,280
-1,8	0,195	0,799	0,945	0,035	0,980	1,089	1,097	1,130
-2	0,225	0,777	0,895	0,959	0,900	0,990	1,995	1,000

*Sumber:* (Suripin, 2004)

### **3.1.5 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi**

Untuk menentukan kecocokan distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan/mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter.

#### **3.1.5.1 Uji Chi-Kuadrat**

Uji Chi-Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang di pilih dapat mewakili dari

distribusi statistik sampel data yang di analisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter  $\chi^2$ . Oleh karena itu di sebut Uji Chi-Kuadrat.

Parameter  $\chi^2$  dapat dihitung dengan rumus:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Sumber: (Soewarno, 1995)

Dengan:

$$G = 1 + 1,33 \log n$$

$$dk = G - (R + 1)$$

$$E_i = n/G$$

$$X_i = X + k . s$$

Dimana:

$\chi^2$  = Parameter Chi-Kuadrat terhitung

G = Jumlah sub kelompok

O<sub>i</sub> = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-i

E<sub>i</sub> = Jumlah teoritis sub kelompok ke-i

dk = Derajat kebebasan

P = Peluang

n = Jumlah data

S = Standar deviasi

k = Faktor frekuensi kejadian

R = Jumlah nilai parameter yang diestimasi

(R= 2 untuk Distribusi Normal dan Distribusi

Binomial, dan nilai R=1 untuk Distribusi Poisson)

Prosedur Chi-kuadrat adalah:

1. Urutkan data pengamatan (dari daerah hujan terbesar hingga terkecil atau sebaliknya).
2. Kelompokkan data menjadi G sub grup, tiap sub grup minimal 4 data pengamatan.
3. Jumlahkan data pengamatan sebesar O<sub>i</sub> tiap-tiap sub grup.
4. Jumlah data dari persamaan distribusi yang di gunakan sebesar E<sub>i</sub>.

5. Tiap-tiap grup dihitung dengan nilai:  $(O_i - E_i)^2$  kemudian  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
6. Jumlah seluruh G sub grup nilai  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$  untuk menentukan nilai Chi-Kuadratnya.
7. Tentukan derajat keabsahan dK = G-R-1 (nilai R= 2 untuk Distribusi Normal dan Distribusi Binominal, dan nilai R=1 untuk Distribusi Poisson).

Hasil Interpretasinya:

Nilai  $X^2$  yang diperoleh harus lebih kecil dari  $X^2_{Cr}$  (Chi-Kuadrat Kritis) untuk suatu derajat tertentu yang sering diambil 5%.

Interpretasi hasilnya adalah:

- a. Apabila peluang lebih dari 5% maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima.
- b. Apabila peluang lebih kecil 1%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima.
- c. Apabila peluang terletak diantara 1 – 5% adalah tidak mungkin mengambil keputusan, misalkan perlu tambah data.

Besarnya nilai  $X^2_{Cr}$  seperti pada tabel 3.7 data pengamatan sebesar  $O_i$ , dari tiap-tiap grup.

Tabel 3.7 Nilai Chi-Kuadrat Kritis

	$\alpha$ Derajat Kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,00004	0,00016	0,00098	0,0039	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0,412	0,554	0,831	1.145	11.070	12.832	15.086	16.750
6	0,676	0,872	1.237	1.635	12.592	14.449	16.812	18.548

Tabel 3.7 Nilai Chi-Kuadrat Kritis (Lanjutan)

dk	$\alpha$ Derajat Kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
7	0,989	1.239	1.690	2.167	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.180	2.733	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	21.026	23.337	26.217	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	22.362	24.736	27.688	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	24.996	27.488	30.578	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	26.296	28.845	32.000	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.390	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	30.144	32.582	36.191	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	31.410	34.170	37.566	39.997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	36.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	39.364	42.980	45.558
25	10.520	11.524	13.120	14.611	37.652	40.646	44.314	46.928

*Sumber:* (Soewarno, 1995)

### 3.1.5.2 Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering disebut uji kecocokan non parametik, karena pengujian tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Perumusannya adalah:

$$P(X_i) = m/(n+1)$$

$$P(x<) = X - P(X_i)$$

$$f(t) = (X - \bar{X})/s$$

$$P'(X_i) = m/(n-1)$$

$$P'(X<) = X - P'(X_i)$$

$$D = P(x<) - P'(X<)$$

Dimana:

$$P(X) = \text{Peluang kejadian}$$

$$m = \text{Nomor urut kejadian}$$

$$n = \text{Jumlah data}$$

$$f(t) = \text{Distribusi normal standar}$$

$$Sd = \text{Standar deviasi}$$

$$X_r = \text{Curah hujan ata-rata}$$

$$X = \text{Xurah hujan}$$

$$P'(X) = \text{Peluang teoritis yang terjadi}$$

*Sumber:* (Suripin, 2004)

Prosedurnya perhitungannya sebagai berikut:

1. Urutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya dan tentukan peluang dari masing-masing data.
2. Tentukan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusi).
3. Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih terbesarnya antara peluang pengamatan dan teoritis (D)
4. Berdasarkan tabel 3.8 nilai kritis (Smirnov-Kolmogorov test), tentukan harga  $D_o$ .
5. Apabila  $D < D_o$  maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima.

Apabila  $D > D_o$  maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

Tabel 3.8 Nilai Kritis Do untuk Uji Smirnov-Kolmogorov

n	Derajat Kepercayaan			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,67	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,30	0,40	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23

Sumber: (Soewarno, 1995)

### 3.1.6 Perhitungan Waktu Konsentrasi

Waktu Konsentrasi ( $T_c$ ) adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik control yang ditentukan di bagian hilir saluran. Waktu konsentrasi untuk drainase perkotaan terdiri dari waktu yang diperlukan air untuk mengalir melalui permukaan tanah dari tempat terjauh ke saluran terdekat (*inlet time*) ditambah waktu untuk mengalir di dalam saluran ke tempat pengukuran (*conduite time*). Waktu konsentrasi dapat dihitung dengan rumus:

$$T_c = T_o + T_f$$

Dimana:

$T_c$  = Waktu konsentrasi (jam)

$T_o$  = *Overland flow time* (menit)

$T_f$  = *Channel flow time* (detik)

*Sumber:* (Soewarno, 1995)

Waktu konsentrasi besarnya sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut ini :

- Luas daerah pengaliran
- Panjang saluran drainase
- Kemiringan dasar saluran
- Debit dan kecepatan aliran

Untuk mencari harga  $T_o$  dan  $T_f$  dipakai rumus:

$$T_o = 0,095 \times \left( \frac{I_o}{\sqrt{S_o}} \right)^{0,77} \text{ menit}$$

Dimana:

$T_o$  = *Overland flow time* (menit)

$I_o$  = Jarak titik terjauh lahan terhadap saluran (m)

$S_o$  = Kemiringan rata-rata permukaan tanah (H/L)

Untuk mencari aliran air hujan di dalam saluran sampai ke tempat pengukuran dipakai rumus:

$$T_f = \frac{L}{v}$$

Dimana:

$T_f$  = *Channel flow time* (det)

$L$  = Panjang saluran yang di tinjau (m)

$V$  = Kecepatan aliran dalam saluran (*Baseflow*) (m/det)

*Sumber:* (Soewarno, 1995)

### **3.1.7 Analisa Intensitas Hujan Metode Mononobe**

Intensitas curah hujan didefinisikan sebagai ketinggian curah hujan yang terjadi pada kurun waktu dimana air hujan berkonsentrasi. Analisa intensitas curah hujan ini dapat diproses berdasarkan data curah hujan yang telah terjadi padatahun-tahun sebelumnya. Metode Mononobe dapat digunakan dalam perhitungan intensitas curah hujan apabila data hujannya harian. Berikut ini perumusan intensitas hujan metode mononobe :

$$I_t = \frac{R_t}{24} (24/T_c)^{2/3}$$



Dimana :

$I_t$  = Intensitas hujan periode ulang tertentu  
 $R_2$  = Curah hujan pada periode ulang tertentu  
 $T_c$  = Waktu konsentrasi (jam)

### 3.1.8 Koefisien Pengaliran Gabungan

Koefisien pengaliran adalah salah satu nilai parameter yang dibutuhkan dalam memperkirakan besarnya aliran pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) yang mempunyai variasi nilai yang cukup besar dikarenakan adanya perbedaan dari fungsi penggunaan lahan dalam area DAS yang telah ditinjau tersebut. Cara menentukan koefisien pengaliran dengan meninjau langsung lokasi lahan serta menggunakan bantuan peta tata guna lahan yang diterbitkan daerah atau wilayah setempat. Penentuan koefisien didasarkan pada penggunaan masing-masing lahannya.

Untuk menentukan harga koefisien pengaliran dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$C_{gab} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot C_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Dimana:

$C_{gab}$  = Koefisien pengaliran rata-rata  
 $A_i$  = Luas masing-masing tata guna lahan  
 $C_i$  = Koefisien pengaliran masing-masing tata guna lahan  
 $n$  = Banyaknya jenis penggunaan tanah dalam pengaliran  
 $A_t$  = Luas total tata guna lahan

*Sumber:*(Suripin, 2004)

Pembagian koefisien pengaliran gabungan dari tiap-tiap titik wilayah dan besar aliran, dapat dilihat di tabel 3.9.

Tabel 3.9 Koefisien Pengaliran

<b>Jenis Daerah</b>	<b>Koefisien Pengaliran</b>
Daerah Perdagangan	
Kota	0,7 - 0,95
Sekitar Kota	0,5 - 0,7
Daerah Pemukiman	
Satu rumah	0,3 - 0,5
Perumahan	0,4 - 0,6
Pemukiman Padat	0,6 - 0,75
Pemukiman, Pinggiran kota	0,25 - 0,40
Apartemen	0,50 - 0,70
Daerah industri	
Ringan	0,5 - 0,8
Padat	0,6 - 0,9
Lapangan, kuburan dan sejenisnya	0,1 - 0,25
Halaman, jalan kereta api	0,2 - 0,35
Lahan tidak terpelihara	0,1 - 0,3
Jalan aspal dan beton	0,7 - 0,95
Jalan paving, batu bata, batako	0,7 - 0,85
Halaman berumput	
Datar , 2%	0,05 - 0,10
Rata-rata, 2-7%	0,10 - 0,15
Curam, 7% atau lebih	0,15-0,20
Sawah	0,6 - 0,8
Danau/Kolam	0,15 – 0,20
Semak belukar	0,5 - 0,7

*Sumber:* (Suripin, 2004)

### 3.1.9 Koefisien Penyebaran Hujan ( $\beta$ )

Koefisien penyebaran hujan merupakan koefisien untuk mengkoreksi pengaruh penyebaran hujan yang tidak merata pada suatu daerah pengaliran (*catchment area*). Koefisien ini tergantung dari kondisi *catchment area*.

Tabel 3.10 Koefisien Penyebaran Hujan

Luas <i>catchment area</i> (Km <sup>2</sup> )	Koefisien $\beta$
0-4	1
5	0,995
10	0,980
15	0,955
20	0,920
25	0,875
30	0,820
50	0,500

*Sumber:* (Wesli, 2008)

### 3.1.10 Debit Initial Flow

Debit *Initialflow* adalah debit air di bagian aliran yang berasal dari air tanah atau sumber-sumber lambat dan atau tertunda lainnya. Jadi, selama cuaca kering, air yang tersimpan di DAS akan hilang oleh evapotranspirasi dan drainase air tanah. Proses ini berlangsung dengan laju yang berbeda dalam ruang dan waktu, serta tidak mudah terukur.

*Sumber:* (Wesli, 2008)

Prosedur perhitungan Debit *Initialflow* adalah:

1. Melakukan pengukuran tinggi aliran dasar kemudian hasilnya dicatat. Kemudian hitung luasan penampang basahnya ketika kondisi aliran normal
2. Melakukan pengukuran kecepatan aliran dasar, dengan cara meletakkan pelampung di atas permukaan air kemudian melihat waktunya dengan *stopwatch* per-meternya.
3. Menghitung Debit *Initialflow* dengan cara  $Q = V \cdot A$ , dengan  $V$  = kecepatan aliran dasar, dan  $A$  = luas penampang basah.

### 3.1.11 Perhitungan Unit Hidrograf Metode Nakayasu

Hidrograf merupakan penyajian grafis antara salah satu unsur aliran dengan waktu. Unsur aliran dari ketinggian air ( $h$ ) dan debit ( $Q$ ). Persamaan umum hidrograf satuan sintetik Nakayasu adalah sebagai berikut :

$$Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_0) / (0,3T_p + T_{0,3}))$$

Dimana :

$$Q_p = \text{debit puncak banjir (m}^3/\text{det)}$$

$$R_0 = \text{hujan satuan (mm)}$$

$$T_p = \text{tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)}$$

$$T_{0,3} = \text{waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari debit puncak sampai menjadi 30\%}$$

$$T_p = T_g + 0,8 T_r$$

$$T_g = 0,21 \times L \cdot 0,7 \text{ untuk } L < 15 \text{ km}$$

$$T_g = 0,4 + 0,058 \times L \text{ untuk } L > 15 \text{ km}$$

$$T_{0,3} = \alpha \times T_g$$

Dimana :

$$T_g = \text{waktu konsentrasi (jam)}$$

$$\alpha = \text{untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2}$$

### 3.2 Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika diperlukan untuk memperkirakan dimensi dan tinggi muka air di saluran drainase atau sungai untuk

memperkirakan besarnya normalisasi penampang saluran drainase atau sungai sesuai besarnya debit banjir rencana. Tujuan hidrolis dimaksudkan untuk melakukan evaluasi kapasitas tampungan saluran dengan debit banjir periode tertentu.

### 3.2.1 Koefisien Kekasaran Manning.

Koefisien Kekasaran Manning menggambarkan kekasaran dasar saluran dan dinding saluran yang ditinjau. Adapun besarnya Koefisien Kekasaran Manning seperti tabel 3.11.

Tabel 3.11 Koefisien Kekasaran Manning (n)

Material Saluran	Minimum	Normal	Maksimum
Pasangan Batu			
- Batu pecah disemen	0,017	0,025	0,030
- Batu kosong	0,023	0,032	0,035
- Beton diplester	0,015	0,017	0,020
Saluran Tanah			
- Bersih baru dibuat	0,016	0,018	0,020
- Bersih telah melapuk	0,018	0,022	0,025
- Kerikil penampang seragam	0,022	0,025	0,030
- Berumput	0,022	0,027	0,033

Sumber: (Wesli, 2008)

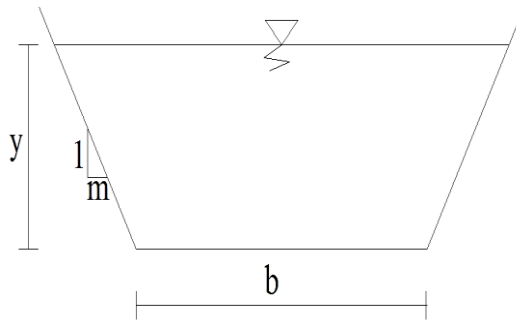
### 3.2.2 Perencanaan Dimensi Saluran

Dalam perencanaan dimensi saluran sangat diperlukan bentuk penampang saluran yang sangat ekonomis, termasuk dari segi biaya dan juga dimensi saluran itu sendiri, dikarenakan untuk menghemat biaya dan lahan yang sangat terbatas terutama di daerah kota-kota besar.

Potongan melintang yang paling ekonomis adalah saluran yang dapat melewati debit maksimum untuk luas penampang basah, kekasaran dan kemiringan dasar saluran tertentu.

Berdasarkan hukum kontinuitas, tampak jelas bahwa untuk luas penampang melintang tetap, dipakai rumus manning maupun *chezy*, dapat dilihat bahwa untuk kemiringan dan kekasaran tetap, kecepatan maksimum dicapai jika jari-jari hidroliknya maksimum. Jika keliling basah (P) minimum, kondisi yang telah kita pahami penampang melintang saluran yang paling ekonomis untuk berbagaimacam bentuk saluran yang ditinjau.  
*Sumber:* (Suripin, 2004)

### 3.2.2.1 Penampang Trapesium Ekonomis



Gambar 3.1 Penampang Trapesium Ekonomis

Saluran berpenampang trapesium dimensinya direncanakan dengan persamaan:

$$A = (b + mh)h$$

$$P = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$T = b + 2mh$$

$$D = \frac{(b + mh)h}{b + 2mh}$$

Dimana:

A = Luas penampang saluran (m<sup>2</sup>)

P = Keliling basah saluran (m)

R = Jari-jari Hidrolis (m)

T= Lebat puncak (m)

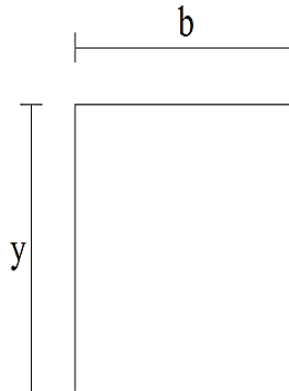
D= Kedalaman Hidrolis (m)

b = Lebar dasar saluran (m)

m = Kemiringan Talud

h = Tinggi muka air saluran (m)

### 3.2.2.2 Penampang Persegi Ekonomis



Gambar 3.2 Penampang Persegi Ekonomis

Saluran berpenampang persegi dimensinya direncanakan dengan persamaan:

$$A = b \cdot y$$

$$P = b + 2y$$

$$R = \frac{A}{P}$$

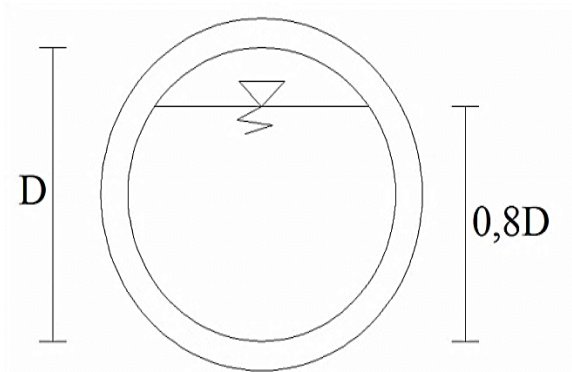
Dimana:

A = Luas penampang saluran ( $m^2$ )

P = Keliling basah saluran (m)

S = Panjang atau lebar persegi

### 3.2.2.3 Penampang Lingkaran Ekonomis



Gambar 3.3 Penampang Lingkaran Ekonomis

Misalkan, kondisi aliran/tinggi aliran  $d$  direncanakan  $= 0,8D$  ( $d = 0,8$  penuh) adalah:

$$\begin{aligned} A &= 0,67 \cdot D^2 \\ P &= 2,214 \cdot D \\ R &= A / P \\ &= 0,3026m \end{aligned}$$

Dimana:

- A = Luas penampang basah ( $m^2$ )
- P = Keliling penampang basah (m)
- R = Jari-jari hidrolis (m)
- $d$  = Kondisi/tinggi aliran dalam saluran
- D = Diameter saluran

### 3.3 Penanggulangan Banjir Dengan Boezem

Penanggulangan banjir dapat dilakukan dengan beberapa alternatif. Salah satu alternatifnya adalah dengan menampung sementara air hujan di boezem. Boezem adalah tempat penampungan sementara sejenis waduk tetapi luasnya relatif lebih kecil. Boezem menampung air hujan dari seluruh saluran di *cathment area* tersebut kemudian di buang kembali ke pembuangan akhir seperti saluran primer atau laut. (Aziz,



2011) menyatakan bahwa boezem dapat digunakan untuk sarana pengendalian banjir.

Penelusuran banjir dapat juga di artikan sebagai penyelidikan perjalanan banjir (flood tracing), yang didefinisikan sebagai upaya prakiraan corak banjir pada bagian hilir berdasarkan corak banjir di daerah hulu (sumbernya). Oleh karena itu dalam kajian hidrologi penelusuran banjir (flood routing) dan penyelidikan banjir (flood tracing) digunakan untuk peramalan banjir dan pengendalian banjir.

Penelusuran banjir dapat diterapkan atau dilakukan melalui / lewat dua bentuk kondisi hidrologi, yaitu lewat palung sungai dan waduk. Penelusuran banjir lewat waduk hasil yang diperoleh dapat lebih eksak (akurat) karena penampungannya adalah fungsi langsung dari aliran keluar (outflow). Dalam kajian ini penelusuran banjir dilakukan lewat palung sungai

## **BAB IV METODOLOGI**

Didalam pelaksanaan proyek akhir terapan ini dilakukan beberapa tahapan. Pada bab ini akan dijelaskan langkah-langkah yang dilakukan mulai dari awal hingga akhir yang berupa hasil kesimpulan. Adapun langkah-langkah dalam proyek akhir terapan ini adalah :

### **4.1 Persiapan**

Tahap persiapan sangat untuk menentukan tahapan-tahapan berikutnya yang akan dilakukan. Pada tahapan ini saya menyusun proyek akhir terapan serta mempersiapkan pembuatan proposal proyek akhir terapan saya.

### **4.2 Studi Literatur**

Studi literatur adalah mempelajari berbagai literatur yang berkaitan dengan permasalahan-permasalahan seputar proyek akhir terapan, adapun buku yang dipakai antara lain :

- Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data karangan Soewarno
- Drainase Perkotaan karangan Wesli
- Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan karangan Supirin
- Hidrologi Terapan karangan Sri Harto
- *Surabaya Drainage Master Plan (SDMP)*

Studi literatur ini mempelajari tentang teori-teori yang berkaitan dengan judul proyek akhir terapannya. Sumber yang kami gunakan terutama dari buku “Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan” karangan Supirin.

### **4.3 Survei Lapangan**

Tahapan ini merupakan peninjauan secara langsung ke lapangan. Ini dilakukan untuk mengetahui keadaan eksisting saluran yang nantinya akan dilakukan perhitungan.

1. Keadaan Lapangan

Peninjauan keadaan lapangan dilakukan dengan cara mendatangi lokasi saluran sekunder, saluran tersier dan letak pintu air serta melakukan pengamatan beserta tanya jawab kepada warga mengenai masalah banjir yang terjadi. Hasil dari survey saya diantaranya :

- a. Mengetahui saluran-saluran yang berada dalam sistem yang saya tinjau.
- b. Kondisi saluran saat banjir dan kebiasaan warga dalam pemeliharaan saluran.

Hasil dari survey ini dipergunakan sebagai pertimbangan untuk melakukan rencana operasi pengendalian banjir di kawasan Simokerto.

## 2. Dimensi Saluran

Peninjauan dimensi saluran dilakukan dengan pengukuran secara langsung ke lapangan dimaksudkan untuk perhitungan *full bank capacity*. Hasil dari survey ini ialah kondisi eksisting saluran yang meliputi panjang, lebar, kedalaman baik muka air serta kedalaman saluran.

### 4.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperoleh dari berbagai instansi pemerintah dan PT. Citraland Surabaya Of Singapore. Adapun beberapa data yang akan dikumpulkan meliputi :

- a. Data elevasi jalan dan kavling
- b. Data elevasi saluran drainase (tersier dan sekunder)
- c. Data tanah boring log
- d. Peta layout saluran drainase, busen dan pintu air
- e. Jaringan sistem drainase di Kali Banjarmelati
- f. Gambar potongan memanjang dan melintang semua saluran, busen dan pintu air
- g. Data curah hujan di Stasiun Hujan Gunung Sari dan Kandangan
- h. Data tata guna lahan
- i. Debit *base flow*

#### **4.5 Penyusunan Layout Sistem Saluran**

Berdasarkan peta dan data-data yang telah dikumpulkan dan berdasarkan pengamatan dilapangan disusun layout atau susunan sistem saluran drainase sehingga dapat ditentukan sistem jaringan saluran, batas daerah aliran setiap saluran, letak bangunan pelengkap dan pembuangan akhir.

#### **4.6 Analisa Hidrologi**

##### **4.6.1 Uji Konsistensi Data Hujan**

Data yang sudah lengkap kemudian diuji dengan uji konsistensi. Pengujian ini bertujuan adalah untuk mengetahui apakah data yang kita dapat ini memenuhi syarat dan layak dipakai atau tidak. Cara menguji konsistensi data, yaitu dengan Lengkung Massa Ganda.

##### **4.6.2 Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata**

Perhitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan mengolah data-data hujan yang sudah didapatkan dari masing-masing stasiun penakar hujan. Menggunakan metode *Arithmetic Mean*, karena titik pengamatan tersebar merata diseluruh daerah itu.

##### **4.6.3 Analisa Data Hujan**

Dilakukan analisa distribusi data curah hujan berdasarkan analisis Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Gumbel dan Distribusi Log Person Tipe III.

##### **4.6.4 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi CH Rencana**

Pengujian ini dipakai untuk mengetahui apakah suatu data dengan jenis sebaran yang dipilih setelah penggambarannya di kertas probabilitas, perlu dilakukan pengujian lebih lanjut. Pengujian ini dilakukan dengan 2 cara, yaitu:

- Uji Smirnov Kolmogorov : Pengujian ini dilakukan dengan menggambarkan probabilitas untuk setiap data distribusi teoritis dan empiris.
- Uji Chi Kuadrat : Pengujian ini digunakan untuk menguji apakah distribusi pengamatan dapat disamai dengan baik oleh distribusi teoritis.

#### **4.6.5 Perhitungan Curah Hujan Rencana**

Dari data curah hujan maksimum yang diambil beberapa stasiun penakar hujan kita dapat memperkirakan hujan rencana untuk masing-masing periode waktu. Metode yang digunakan adalah metode hidrograf satuan sintesis nakayasu.

#### **4.7 Analisa Hidrolika**

Analisa hidrolika diperlukan untuk memperkirakan dimensi dan tinggi muka air di saluran drainase atau sungai untuk memperkirakan besarnya normalisasi penampang saluran drainase atau sungai sesuai besarnya debit banjir rencana. Tujuan hidrolika dimaksudkan untuk melakukan evaluasi kapasitas tampungan saluran dengan debit banjir periode tertentu.

#### **4.8 Alternatif Pengendalian Banjir**

Dalam studi ini penulis memberikan 2 alternatif perencanaan terdiri dari normalisasi saluran yang meluap dengan cara memperluas penampang saluran dan mefungsikan boezem yang telah ada dengan membuat saluran baru yang menghubungkan saluran eksisting ke boezem/tampungan air sementara. Selanjutnya kedua alternatif pengendalian tersebut dianalisa kembali dengan software her-ras.

#### **4.9 Rencana Anggaran Biaya**

Setiap alternatif pengendalian banjir memberikan penyelesaian hingga Rencana Anggaran Biaya, sebelumnya dilakukan analisa gambar rencana bangunan/ saluran, analisa

harga upah dan bahan, analisa harga satuan pekerjaan, analisa volume pekerjaan, dan rekapitulasi rencana anggaran biaya.

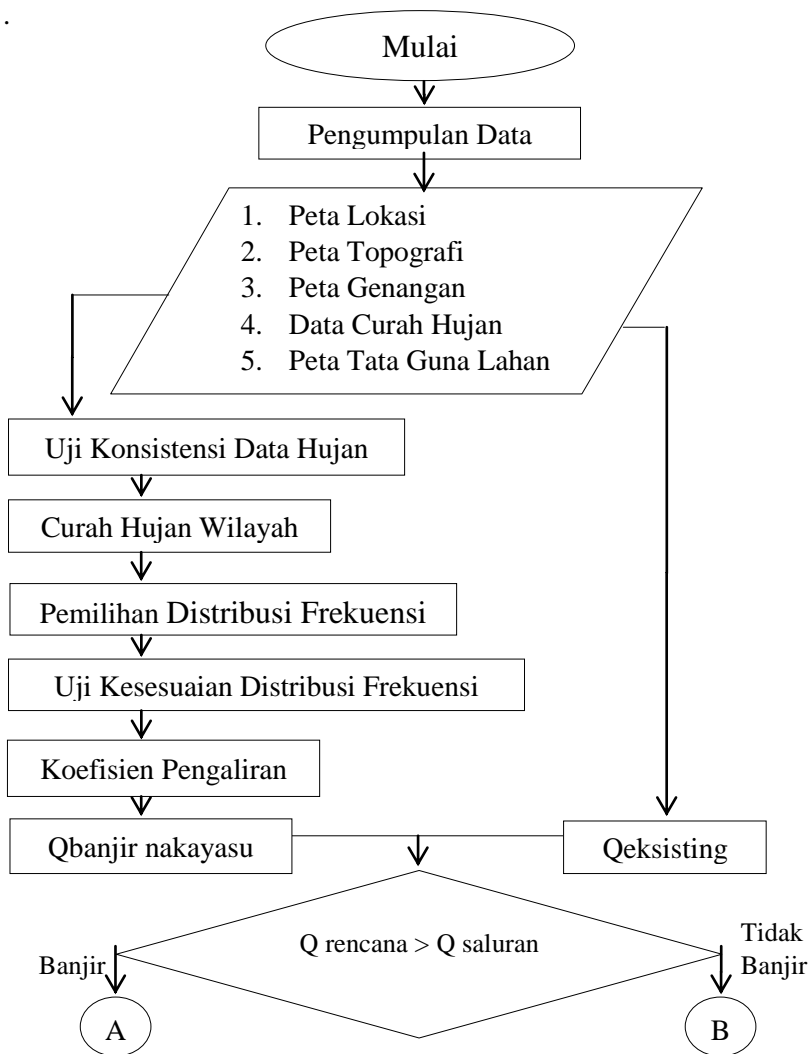
#### 4.10 Jadwal Kegiatan Penyusunan Tugas Akhir Terapan

Tabel 4.1 Jadwal Kegiatan Penyusunan Tugas Akhir Terapan

Kegiatan	NOPEMBER				DESEMBER				JANUARI				PEBRUARI				MARET				APRIL				MEI				JUNI			
	2016				2016				2017				2017				2017				2017				2017				2017			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Penentuan Judul																																
Survei Lokasi																																
Pembuatan Proposal																																
Sidang Proposal																																
Pengumpulan Data																																
Analisis Data																																
Pembimbingan																																
Penyusunan Tugas Akhir																																
Evaluasi dan Revisi																																
Persiapan Sidang																																
Sidang Tugas Akhir																																

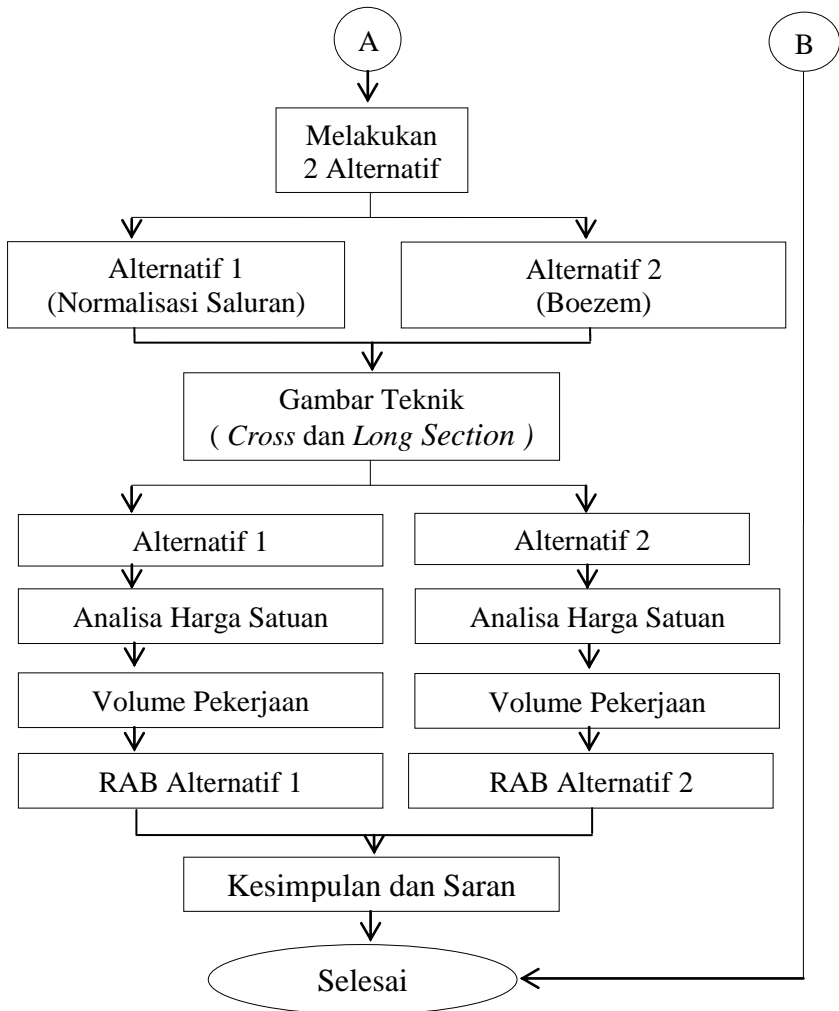
#### 4.11 Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir

Metode penyusunan tugas akhir dijelaskan pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Diagram Alir Tugas Akhir Terapan





Gambar 4.1 Diagram Alir Tugas Akhir Terapan (Lanjutan)

## **BAB V**

### **ANALISA DAN PERENCANAAN**

#### **5.1 ANALISA HIDROLOGI**

##### **5.1.1 Stasiun Hujan Yang Berpengaruh**

Ada dua stasiun hujan yang berpengaruh dengan catchment area pada studi ini, yaitu Stasiun Hujan Gunung Sari dan Kandangan. Data curah hujan selama 10 tahun (2006-20015) yang digunakan adalah data curah hujan dari Stasiun Hujan Gunung Sari dan Kandangan, seperti yang dijelaskan pada tabel 5.1

Tabel 5.1 Data Curah Hujan

Tahun	Stasiun Hujan	
	Gunungsari	Kandangan
2006	110	130
2007	96	97
2008	81	120
2009	78	79
2010	110	127
2011	102	79
2012	102	82
2013	97	76
2014	86	81
2015	70	63

*Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Wilayah Jawa Timur. UPT PSAWS. Buntung Paketingan Surabaya*

##### **5.1.2 Uji Konsistensi Data Hujan (Kurva Massa Ganda)**

Menguji konsistensi data hujan dengan menggunakan metode kurva massa ganda (*double mass curve*), antara stasiun hujan kandangan, stasiun hujan gunung sari dan stasiun hujan wonokromo.

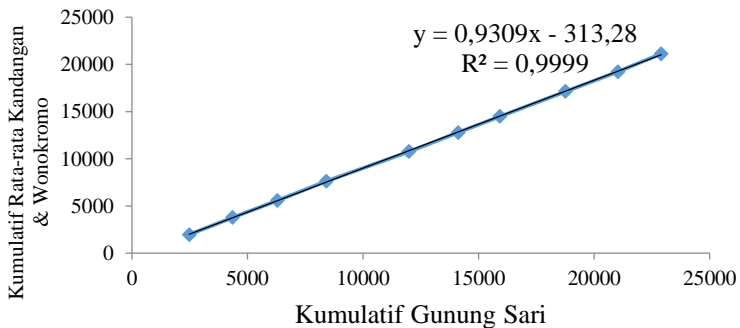
- **Uji Konsistensi Data Hujan di Stasiun Gunung Sari**

Melakukan analisa terhadap konsistensi data hujan dengan sta hujan Gunung Sari sebagai stasiun pembandingan pada sumbu X sedangkan sta hujan Wonokromo dan Kandangan sebagai stasiun hujan yang akan diuji pada sumbu Y seperti pada tabel 5.2

Tabel 5.2 Uji Konsistensi Data hujan di Stasiun Gunung Sari

Tahun	Stasiun Hujan			Rata2 Wnkrmo dan Kndngan	Kumulatif Gn. Sari	Kumulatif Rata2 Wnkrmo & Kndngan
	Gn.Sari	Wnkrmo	Kandangan			
2006	2483	1923	1982	1953	2483	1953
2007	1873	1732	1926	1829	4356	3782
2008	1934	1672	1901	1787	6290	5568
2009	2126	2030	2091	2061	8416	7629
2010	3574	3102	3153	3128	11990	10756
2011	2126	2010	2034	2022	14116	12778
2012	1810	1789	1635	1712	15926	14490
2013	2843	2905	2366	2636	18769	17126
2014	2267	2178	2018	2098	21036	19224
2015	1872	1971	1828	1900	22908	22908

*Sumber : Hasil Perhitungan*



Gambar 5.1 Grafik Uji Konsistensi di Stasiun Wonokromo

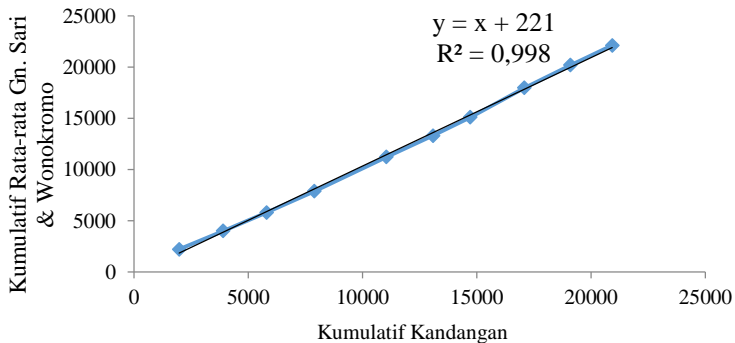
- **Uji Konsistensi Data Hujan di Stasiun Kandangan**

Melakukan analisa terhadap konsistensi data hujan dengan sta hujan Kandangan sebagai sta pembanding pada sumbu X sedangkan sta hujan Gunung Sari dan Wonokromo sebagai stasiun hujan yang akan diuji pada sumbu Y seperti pada tabel 5.3

**Tabel 5.3 Uji Konsistensi Data hujan di Stasiun Kandangan**

Tahun	Stasiun Hujan			Rata2 Gn. Sari dan Wnkrmo	Kumulatif Kandangan	Kumulatif Rata2 Gn. Sari & Wnkrmo
	Gn.Sari	Wnkrmo	Kandangan			
2006	2483	1923	1982	2203	1982	2203
2007	1873	1732	1926	1802.5	3908	4005.5
2008	1934	1672	1901	1803	5809	5808.5
2009	2126	2030	2091	2078	7900	7886.5
2010	3574	3102	3153	3338	11053	11224.5
2011	2126	2010	2034	2068	13087	13292.5
2012	1810	1789	1635	1800	14722	15092
2013	2843	2905	2366	2874	17088	17966
2014	2267	2178	2018	2222.5	19106	20188.5
2015	1872	1971	1828	1921.5	20934	22110

*Sumber : Hasil Perhitungan*



**Gambar 5.2** Grafik Uji Konsistensi di Stasiun Kandangan

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa data hujan di stasiun Kandangan, Wonokromo dan Gunung Sari **konsisten** dan dapat digunakan untuk analisa berikutnya.

### 5.1.3 Curah Hujan Wilayah

Untuk menghitung curah hujan rata-rata wilayah menggunakan Metode Rata-rata Aljabar (*Aritmatic Mean*) karena ada dua stasiun hujan yang berpengaruh pada catchment area. Ditinjau dari jumlah stasiun hujan yang cukup, maka digunakan Metode Rata-rata Aljabar untuk mencari stasiun yang berpengaruh di Kawasan Bukit Golf Internasional. Dilihat dari jumlah stasiun hujan yang cukup, kondisi topografi yang datar serta luas DAS yang kurang dari 500km<sup>2</sup>, maka data hujan dapat dihitung dengan Metode Rata-rata Aljabar (*Aritmatic Mean*). Perhitungan curah hujan wilayah ditabelkan pada tabel 5.4

Tabel 5.4 Curah Hujan Wilayah Metode Rata-rata Aljabar

Tahun	Stasiun		Hujan Harian Max Rata-rata
	Gunungsari	Kandangan	
2006	110	130	120
2007	96	97	97
2008	81	120	101
2009	78	79	79
2010	110	127	119
2011	102	79	91
2012	102	82	92
2013	97	76	87
2014	86	81	84
2015	70	63	67

*Sumber : Hasil Perhitungan*

### 5.1.4 Pemilihan Distribusi Frekuensi

Dilakukan analisa parameter statistik, yaitu dengan mencari koefisien skewness (Cs) dan koefisien kurtosis (Ck) untuk mengetahui distribusi frekuensi yang akan dipilih. Untuk mencari Cs dan Ck diperlukan perhitungan seperti pada tabel 5.5

Tabel 5.5 Mencari Cs dan Ck

No	X	(X- $\bar{X}$ )	(X- $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>	(X- $\bar{X}$ ) <sup>3</sup>	(X- $\bar{X}$ ) <sup>4</sup>
1	120	26,7	712,89	19034,16	508212,15
2	96,50	3,2	10,24	32,77	104,86
3	100,5	7,2	51,84	373,25	2687,39
4	78,5	-14,8	219,04	-3241,79	47978,52
5	118,5	25,2	635,04	16003,01	403275,8
6	90,5	-2,8	7,84	-21,95	61,47
7	92	-1,3	1,69	-2,2	2,86
8	86,5	-6,8	46,24	-314,43	2138,14
9	83,5	-9,8	96,04	-941,19	9223,68
10	66,5	-26,8	718,24	-19,248,832	515868,7
$\Sigma$	933	0	2499,1	11672,79	1489553,56
$\bar{X}$	93,3	0	249,91	1167,28	148955,36

Sumber : Hasil Perhitungan

Berikut ini adalah perhitungan Cs (Koefisien asimetri) dan Ck (Koefisien kurtosis):

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{\frac{\Sigma (Xi - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{2499}{10-9}} = 16,66 \\
 \alpha &= \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^3 = \frac{10}{72} (11672,79) = 1621,221 \\
 Cs &= \frac{\alpha}{S} = \frac{1621,221}{16,66} = 0,35 \\
 Ck &= \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^4 \\
 &= \frac{10^2}{9 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 16,66^4} 1489553,56 = 3,83
 \end{aligned}$$

Persyaratan untuk metode distribusi frekuensi dapat dilihat pada tabel 5.6

Tabel 5.6 Persyaratan Untuk Metode Distribusi Frekuensi

Distribusi	Parameter Statistik	Hasil	Status
Normal	$-0,015 < C_s < 0,015$	0,35	NO
Log Normal	$C_k = 3$	3,83	
Gumbel	$C_s = 1.14$	0,35	NO
	$C_k = 5.4$	3,83	
Log Pearson III	$C_s = \text{Fleksibel}$	0,35	OK
	$C_k = \text{Fleksibel}$	3,83	

Sumber: (Harto, n.d.)

### 5.1.5 Distribusi Frekuensi Metode Log Person III

Perhitungan parameter Log Person III:

- Nilai rata-rata

$$\text{Log } \bar{X} = (\sum \log X_i / n) = (19,64 / 10) = 1,964$$

- Standar Deviasi

$$S \text{ Log } X = \sqrt{\frac{\sum (\log X_i - \overline{\log X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,05446}{9}} = 0,078$$

- Koefisien Skewness ( $C_s$ )

$$C_s = \frac{n \times \sum (\log X - \overline{\log X})^3}{(n-1) \times (n-2) \times (S \text{ Log } X)^3} = \frac{10 \times 0,00027}{9 \cdot 8 \cdot 0,078^3} = -0,1$$

Untuk perhitungan distribusi frekuensi metode log person III dapat dilihat pada tabel 5.7

Tabel 5.7 Perhitungan Log Person III

No	X	Log X	$(\text{Log}X - \text{Log}\bar{X})^2$	$(\text{Log}X - \text{Log}\bar{X})^3$	$(\text{Log}X - \text{Log}\bar{X})^4$
1	120	2,08	0,01335	0,00154	0,000178
2	96,5	1,98	0,00044	0,00001	0,0000000
3	100,5	2,00	0,00148	0,00006	0,000002
4	78,5	1,89	0,00473	-0,00033	0,000022
5	118,5	2,07	0,01212	0,00133	0,000147
6	90,5	1,96	0,00005	0,0000001	0,00000000
7	92	1,96	0,00000	0,000001	0,00000000
8	86,5	1,94	0,00071	-0,00002	0,000001
9	83,5	1,92	0,00176	-0,00007	0,000003
10	65,5	1,82	0,01983	-0,00279	0,000393
$\Sigma$	935	19,66	0,05446	-0,00027	0,000075

Sumber: Hasil Perhitungan

Dengan Koefisien Skewness = -0,1 maka harga k pada tabel 5.8  
Tabel 5.8 Faktor Frekuensi Distribusi Log Person III

Periode Ulang (tahun)	Log $\bar{X}$	k
2		0,017
5	1,964	0,836
10		1,27

Sumber: Hasil Perhitungan

Selanjutnya dapat dihitung hujan rencana dengan periode ulang (T), sebagai berikut:

- Untuk periode ulang 2 tahun
 
$$\text{Log}X_{tr_2} = \text{Log}\bar{X} + (k \cdot S_{\text{Log}X})$$

$$\text{Log}X_{tr_2} = 1,964 + (0,017 \cdot 0,078) = 1,96$$

$$X_{tr_2} = 91,20$$

Untuk perhitungan Curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu dapat dilihat pada tabel 5.9



Tabel 5.9 Perhitungan Distribusi LogPersonIII

Periode Ulang (tahun)	$\text{Log}\bar{X}$	k	Log X	X(tr)
2		0,017	1,96	91,20
5	1,964	0,836	2,03	107,15
10		1,27	2,06	114,816

*Sumber: Hasil Perhitungan*

### 5.1.6 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Untuk menentukan kecocokan distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan/mewakili distribusi frekuensi tersebut diperlukan pengujian parameter yang akan disajikan dalam bagian ini adalah Uji Chi-Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov.

#### 5.1.6.1 Uji Chi-Kuadrat Metode LogPerson Tipe III

Uji Chi-Kuadrat digunakan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter  $X^2$ .

Perhitungan Chi Kuadrat:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah sub kelompok} &= 1 + 3,322 \cdot \text{Log } n \\
 &= 1 + 3,322 \cdot \text{Log } 10 \\
 &= 4,322 \approx 4
 \end{aligned}$$

Besarnya peluang untuk tiap sub-Grup adalah:

Sub Grup 1	$P \leq 25\%$
Sub Grup 2	$P \leq 50\%$
Sub Grup 3	$P \leq 75\%$
Sub Grup 4	$P > 75\%$

Diketahui:

$$S \log X = 0,078$$

k = Dari tabel *Reduced Variable Gauss*

Adapun perhitungan grup distribusi Log Person III dapat dilihat pada 5.10

Tabel 5.10 Perhitungan Grup

P	k	Log X	X
25%	0.67	2.016	103.753
50%	0	1.964	92.045
75%	-0.67	1.912	81.658

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan:

- Batasan peluang = 25%  

$$\text{Log} X = \text{Log} \bar{X} + (k \cdot S \log X)$$

$$= 1,964 + (0,67 \cdot 0,078) = 2,016$$

$$X = \text{Log}^{-1} \cdot X = 103,753$$

Dimana:

$\text{Log} \bar{X}$  = Curah hujan rata-rata (dari parameter statistik)

k = Faktor distribusi frekuensi

S = Standar deviasi

$\text{Log} X_i$  = Data curah hujan

Setelah nilai  $\log X$  didapatkan, maka nilai  $\log X$  diposisikan sesuai interval sub kelompok kemudian dilakukan perhitungan nilai  $O_i$  dan  $E_i$ . Perhitungan Chi Kuadrat dengan metode Log Person III dapat dilihat pada tabel 5.11.

Tabel 5.11 Perhitungan Chi Kuadrat Log Person III

Nilai Batas	$E_i$	$O_i$	$(O_i - E_i)^2$	$X^2$
$X \leq 1,912$	2,5	2	0,25	0,1
$1,912 < X \leq 1,964$	2,5	4	2,25	0,9
$1,964 < X \leq 2,016$	2,5	2	0,25	0,1
$2,016 > X$	2,5	2	0,25	0,1
Jumlah		10	3	1,2

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Dari tabel di atas didapat  $X^2 = 1,2$

Dimana:

$$R = 2, G = 4, dk = 4 - (2+1) = 1$$

Berdasarkan nilai kritis untuk uji chi kuadrat pada tabel 1.7 maka dengan  $\alpha = 5\%$ , diperoleh nilai  $X^2_{teoritis} = 3,841$ .

$$\text{Maka : } X^2_{teoritis} \geq X^2 = 3,841 \geq 2$$

Sehingga Metode Distribusi Log Person Tipe III dapat diterima.

### 5.1.6.2 Uji Smirnov-Kolmogorov Metode LogPerson III

Pengujian dengan metode ini bertujuan untuk menyaring metode distribusi yang telah lolos dari uji kesesuaian distribusi frekuensi dengan Metode Chi-Kuadrat. Pengambilan keputusan uji ini diambil **Dmaks < Do**.

Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov:

- $\text{Log}\bar{X} = 1,964$
- $\text{Slog}X = 0,078$
- $P(X) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{10+1} = 0,09$
- $P(X<) = \text{Log } X - P(X) = 2,05 - 0,09 = 1,96$
- $F(t) = \frac{\text{Log } x - \text{Log } \bar{X}}{\text{Slog}X} = \frac{2,05 - 1,966}{0,071} = 1,25$
- $P'(X) = \frac{m}{n-1} = \frac{1}{10-1} = 0,11$
- $P'(X<) = \text{Log } X - P'(X) = 2,05 - 0,11 = 1,94$
- $D = -\{P'(X<) - P'(X)\} = -(1,96 - 1,94) = 0,02$
- $D_{\max} = \Sigma D = 0,20$

Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov dengan metode distribusi Log Person III dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 5.12 Uji Smirnov-Kolmogorov Log Person III

No	Log X	m	$P(X_i)=m/(n+1)$	$P(x<)$	$f(t)=(X-\bar{X})/s$	$P'(X_i)=m/(n-1)$	$P'(X<)$	D
	1	2	3	4 = 1 - 3	5	6	7 = 1 - 6	8 = 4 - 7
1	2.08	1	0.09	1.99	1.49	0.11	1.97	0.02
2	1.98	2	0.18	1.8	0.27	0.22	1.76	0.04
3	2	3	0.27	1.73	0.5	0.33	1.67	0.06
4	1.89	4	0.36	1.53	-0.88	0.44	1.45	0.08
5	2.07	5	0.45	1.62	1.42	0.56	1.52	0.1
6	1.96	6	0.55	1.41	-0.09	0.67	1.29	0.12
7	1.96	7	0.64	1.33	0	0.78	1.19	0.14
8	1.94	8	0.73	1.21	-0.34	0.89	1.05	0.16
9	1.92	9	0.82	1.1	-0.54	1	0.92	0.18
10	1.82	10	0.91	0.91	-1.81	1.11	0.71	0.2
D max =								0.2

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Dari perhitungan diatas didapatkan:

$D_{max} = 0,20$  dengan  $\alpha = 5\%$ ,

$D_0$  dengan  $n=10$  pada tabel 3.3 adalah 0,41

Karena  $D_{max} < D_0 = 0,20 < 0,41$ ; Maka Uji Distribusi Log Person Tipe III **dapat diterima**.

### 5.1.7 Pemilihan Hujan Rencana

Hujan rencana adalah hujan tahunan terbesar dengan peluang tertentu yang mungkin terjadi di suatu daerah. Dari hasil Uji Distribusi yang digunakan, maka untuk menghitung curah hujan rencana akan menggunakan Metode Log Person Tipe III. Kemudian hasil perhitungan Metode Log Person Tipe III ini akan disajikan dalam bentuk tabel seperti pada tabel 5.13

Tabel 5.13 Curah Hujan Rencana Terpilih

Periode Ulang (tahun)	Peluang (%)	k	Log $X_{(tr)}$	$X_{(tr)}$
2	50	0.017	1.96	91.20
5	20	0.836	2.03	107.150
10	10	1.27	2.06	114.815

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Adapun ketentuan periode ulang sesuai dengan jenis salurannya dapat dilihat pada tabel 5.14.

Tabel 5.14 Ketentuan Periode Ulang Saluran

Jenis Saluran Pematusan	Periode Ulang (tahun)	Keterangan
Basin Drainage	10 – 50	Kali Surabaya, Kali Mas, Kali Jagir Wonokromo, dan Kali Lamong yang membawa banjir dari luar KMS
Saluran Primer	5 – 10	Nilai yang lebih tinggi untuk saluran Gunung Sari dimana kerusakan saluran itu sendiri dapat disebabkan oleh luapan
Saluran Sekunder	2 – 5	
Saluran Tersier	1.25 – 2	

*Sumber: (BAPPEDA Kota Madya Surabaya, 2000)*

- Periode ulang 2 tahun akan dipakai untuk perhitungan debit rencana saluran tersier.
- Periode ulang 5 tahun akan dipakai untuk perhitungan debit rencana saluran sekunder..

### 5.1.8 Perhitungan Koefisien Pengaliran

Contoh perhitungan koefisien pengaliran di saluran BGI Utara :

$$C \text{ (semak belukar)} = C.A = 0,5 \cdot 0,01033 = 0,005165$$

$$\Sigma C.A = 0,0887347$$

$$C \text{ (BGI Utara)} = 0,0887 / 0,2066 = 0,4295$$

Untuk perhitungan koefisien pengaliran selanjutnya ditabelkan pada tabel 5.15 sampai 5.30

Dimana:

C = Koefisien pengaliran (dari Tabel 2.0)

A = Luas area (dari peta tata guna lahan)

Tabel 5.15 Koefisien Pengaliran Sal Tersier BGI Utara

Tata Guna Lahan	A (%)	A(km <sup>2</sup> )	C	C.A
Semak Belukar	5	0.02185	0.5	0.010925
Jalan Aspal	5	0.02185	0.75	0.0163875
Jalan Paving	15	0.06555	0.7	0.045885
Halaman Berumput (2%)	10	0.0437	0.07	0.003059
Rumput Golf (>7%)	20	0.0874	0.2	0.01748
Perumahan	35	0.15295	0.5	0.076475
Perdagangan	5	0.0219	0.6	0.01311
Danau/Kolam	5	0.0219	0.2	0.00437
Jumlah	100	0.437		0.1876915
C (BGI Utara) = (Σ C.A) / Atotal				0.4295

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Tabel 5.16 Koefisien Pengaliran Sal Tersier BGI Selatan 1

Tata Guna Lahan	A (%)	A(km <sup>2</sup> )	C	C.A
Semak Belukar	5	0.0027	0.5	0.0013
Perumahan	60	0.0320	0.5	0.0160
Halaman Berumput (2%)	15	0.0080	0.07	0.0006
Jalan Aspal	5	0.0027	0.75	0.0020
Jalan Paving	15	0.0080	0.7	0.0056
Jumlah	100	0.0533		0.0255
C (BGI) = (Σ C.A) / Atotal				0.4780

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Tabel 5.17 Koefisien Pengaliran Sal Tersier Sumerset Utara

Tata Guna Lahan	A (%)	A(km <sup>2</sup> )	C	C.A
Halaman Berumput (2%)	15	0.0114	0.07	0.0008
Jalan Aspal	5	0.0038	0.75	0.0029
Jalan Paving	20	0.0152	0.7	0.0107
Perumahan	60	0.0457	0.5	0.0229
Jumlah	100	0.0762		0.0372
C (Summerset Utara) = $(\Sigma C.A) / A_{total}$				0.4880

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Tabel 5.18 Koefisien Pengaliran Sal Tersier BGI Selatan 2

Tata Guna Lahan	A (%)	A(km <sup>2</sup> )	C	C.A
Semak Belukar	10	0.0037	0.5	0.00184
Jalan Aspal	5	0.0018	0.75	0.00138
Halaman Berumput (2%)	5	0.0018	0.07	0.0001288
Rumput Golf (>7%)	40	0.0147	0.2	0.002944
Danau/Kolam	5	0.0018	0.2	0.000368
Perumahan	30	0.0110	0.5	0.00552
Jalan Paving	5	0.0018	0.7	0.001288
Jumlah	100	0.0368		0.0134688
C (BGI Selatan) = $(\Sigma C.A) / A_{total}$				0.3660

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Tabel 5.19 Koefisien Pengaliran Sal Tersier Citra Raya 1

Tata Guna Lahan	A (%)	A(km <sup>2</sup> )	C	C.A
Halaman Berumput (2%)	10	0.0037	0.07	0.0002562
Perumahan	50	0.0183	0.5	0.00915
Jalan Aspal	5	0.0018	0.75	0.0013725
Semak Belukar	20	0.0073	0.5	0.00366
Jalan Paving	15	0.0055	0.7	0.003843
Jumlah	100	0.0366		0.0182817
C (Citra Raya 1) = $(\Sigma C.A) / A_{total}$				0.4995

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Tabel 5.20 Koefisien Pengaliran Sal Tersier Golf Citraland

Tata Guna Lahan	A (%)	A(km <sup>2</sup> )	C	C.A
Halaman Berumput (2%)	5	0.0292	0.07	0.00204575
Perumahan	30	0.1754	0.5	0.087675
Jalan Aspal	5	0.0292	0.75	0.02191875
Jalan Paving	15	0.0877	0.7	0.0613725
Perdagangan	5	0.0292	0.6	0.017535
Rumput Golf (>7%)	35	0.2046	0.2	0.040915
Semak Belukar	5	0.0292	0.5	0.0146125
Jumlah	100	0.5845		0.2460745
C (Golf Citraland) = ( $\Sigma$ C.A) / Atotal				0.421

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Tabel 5.21 Koefisien Pengaliran Sal Tersier Sumerset Selatan

Tata Guna Lahan	A (%)	A(km <sup>2</sup> )	C	C.A
Perumahan	50	0.0620	0.5	0.030975
Jalan Aspal	5	0.0062	0.75	0.00464625
Jalan Paving	15	0.0186	0.7	0.0130095
Halaman Berumput (2%)	5	0.0062	0.07	0.00043365
Semak Belukar	25	0.0310	0.5	0.0154875
Jumlah	100	0.1239		0.0645519
C (Summerset Selatan) = ( $\Sigma$ C.A) / Atotal				0.521

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Tabel 5.22 Koefisien Pengaliran Sal Tersier Lakarsantri 1

Tata Guna Lahan	A (%)	A(km <sup>2</sup> )	C	C.A
Pemukiman Padat	60	0.0192	0.65	0.01248
Semak Belukar	30	0.0096	0.5	0.0048
Jalan Aspal	10	0.0032	0.75	0.0024
Jumlah	100	0.0320		0.01968
C (Lakarsantri 1) = ( $\Sigma$ C.A) / Atotal				0.615

*Sumber: Hasil Perhitungan*



Tabel 5.23 Koefisien Pengaliran Sal Tersier Galeria Golf 1

Tata Guna Lahan	A (%)	A(km <sup>2</sup> )	C	C.A
Semak Belukar	5	0.0261	0.5	0.0130475
Halaman Berumput (2%)	5	0.0261	0.07	0.00182665
Perumahan	20	0.1044	0.5	0.05219
Rumput Golf (>7%)	40	0.2088	0.2	0.041752
Jalan Paving	10	0.0522	0.7	0.036533
Danau/Kolam	10	0.0522	0.2	0.010438
Perdagangan	5	0.0261	0.6	0.015657
Jalan Aspal	5	0.0261	0.75	0.01957125
Jumlah	100	0.5219		0.1910154
C (Galeria Golf 1) = ( $\Sigma$ C.A) / Atotal				0.366

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Tabel 5.24 Koefisien Pengaliran Sal Tersier Galeria Golf 2

Tata Guna Lahan	A (%)	A(km <sup>2</sup> )	C	C.A
Jalan Aspal	10	0.0004	0.75	0.00033
Semak Belukar	90	0.0040	0.5	0.00198
Jumlah	100	0.0044		0.00231
C (Galeria Golf 2) = ( $\Sigma$ C.A) / Atotal				0.525

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Tabel 5.25 Koefisien Pengaliran Sal Sekunder Citra Raya 2

Tata Guna Lahan	A (%)	A(km <sup>2</sup> )	C	C.A
Semak Belukar	5	0.0044	0.5	0.00222
Halaman Berumput (2%)	5	0.0044	0.07	0.0003108
Perumahan	15	0.0133	0.5	0.00666
Jalan Paving	5	0.0044	0.7	0.003108
Perdagangan	10	0.0089	0.6	0.005328
Jalan Aspal	60	0.0533	0.75	0.03996
Jumlah	100	0.0888		0.0575868
C (Citra Raya 2) = ( $\Sigma$ C.A) / Atotal				0.6485

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Tabel 5.26 Koefisien Pengaliran Sal Sekunder Bukit Bali 1

Tata Guna Lahan	A (%)	A(km <sup>2</sup> )	C	C.A
Perumahan	40	0.0162	0.5	0.00812
Semak Belukar	20	0.0081	0.5	0.00406
Jalan Paving	5	0.0020	0.7	0.001421
Halaman Berumput (2%)	10	0.0041	0.07	0.0002842
Jalan Aspal	25	0.0102	0.75	0.0076125
Jumlah	100	0.0406		0.0214977
C (Bukit Bali 1) = ( $\Sigma$ C.A) / Atotal				0.5295

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Tabel 5.27 Koefisien Pengaliran Sal Sekunder Bukit Bali 2

Tata Guna Lahan	A (%)	A(km <sup>2</sup> )	C	C.A
Semak Belukar	15	0.0053	0.5	0.0026325
Jalan Paving	10	0.0035	0.7	0.002457
Halaman Berumput (2%)	10	0.0035	0.07	0.0002457
Perumahan	35	0.0123	0.5	0.0061425
Perdagangan	15	0.0053	0.6	0.003159
Jalan Aspal	15	0.0053	0.75	0.00394875
Jumlah	100	0.0351		0.01858545
C (Bukit Bali 2) = ( $\Sigma$ C.A) / Atotal				0.5295

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Tabel 5.28 Koefisien Pengaliran Sal Sekunder Lakarsantri 2

Tata Guna Lahan	A (%)	A(km <sup>2</sup> )	C	C.A
Semak Belukar	15	0.0240	0.5	0.0119775
Jalan Paving	5	0.0080	0.7	0.0055895
Halaman Berumput (2%)	5	0.0080	0.07	0.00055895
Pemukiman Padat	50	0.0799	0.65	0.0519025
Perdagangan	10	0.0160	0.6	0.009582
Jalan Aspal	15	0.0240	0.75	0.01796625
Jumlah	100	0.1597		0.0975767
C (Lakarsantri 2) = ( $\Sigma$ C.A) / Atotal				0.611

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Tabel 5.29 Koefisien Pengaliran Sal Sekunder Blok N

Tata Guna Lahan	A (%)	A(km <sup>2</sup> )	C	C.A
Semak Belukar	10	0.0048	0.5	0.00242
Jalan Paving	10	0.0048	0.7	0.003388
Halaman Berumput (2%)	15	0.0073	0.07	0.0005082
Perumahan	45	0.0218	0.5	0.01089
Perdagangan	15	0.0073	0.6	0.004356
Jalan Aspal	5	0.0024	0.75	0.001815
Jumlah	100	0.0484		0.0233772
C (Blok N) = ( $\Sigma$ C.A) / Atotal				0.483

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Tabel 5.30 Koefisien Pengaliran Sal Sekunder Banjarmasin

Tata Guna Lahan	A (%)	A(km <sup>2</sup> )	C	C.A
Semak Belukar	20	0.0123	0.5	0.00614
Jalan Paving	5	0.0031	0.7	0.002149
Halaman Berumput (2%)	10	0.0061	0.07	0.0004298
Perumahan	20	0.0123	0.5	0.00614
Perdagangan	5	0.0031	0.6	0.001842
Pemukiman Padat	35	0.0215	0.65	0.0139685
Jalan Aspal	5	0.0031	0.75	0.0023025
Jumlah	100	0.0614		0.0329718
C (Banjarmelati) = ( $\Sigma$ C.A) / Atotal				0.537

*Sumber: Hasil Perhitungan*

### 5.1.9 Perhitungan Debit *Initialflow*

Contoh perhitungan debit *Initialflow* di saluran BGI Utara :

Dengan jenis saluran adalah tersier. Tinggi aliran dasar (d) sebesar 0,1 m. Luas penampang basah (A) sebesar  $0,0367\text{m}^2$ , didapat dari perhitungan luas area di *Autocad*. Mengukur kecepatan aliran dalam saluran dengan melakukan percobaan yaitu meletakan pelampung di atas permukaan air kemudian dilepas hingga sejarak 1m. Diukur waktunya dengan menggunakan *stopwatch* selama 12,4 detik. Jadi kecepatan aliran dasar ( $v$ ) =  $L/t$  adalah sebesar  $0,0806\text{ m/det}$ . Maka debit *baseflow* ( $Q_b$ ) =  $V.A$  adalah  $0,003\text{ m}^3/\text{det}$ .

Untuk perhitungan debit *baseflow* selanjutnya ditabelkan pada tabl 5.31.

Tabel 5.31 Perhitungan Debit *Initialflow*

Nama Saluran	Jenis Sal	d (m)	A ( $\text{m}^2$ )	L (m)	t (det)	V (m/det)	Qb ( $\text{m}^3/\text{det}$ )
BGI Utara	Tersier	0.1	0.0367	1	12.4	0.0806	0.0030
BGI Selatan 1	Tersier	0.07	0.02	1	15.7	0.0637	0.0013
Sumerset							
Utara	Tersier	0.09	0.0319	1	16.2	0.0617	0.0020
BGI Selatan 2	Tersier	0.11	0.0387	1	16.9	0.0592	0.0023
Citra Raya 1	Tersier	0.2	0.1118	1	19.6	0.0510	0.0057
Golf Citraland	Tersier	0.16	0.0896	1	21.1	0.0474	0.0042
Sumerset							
Selatan	Tersier	0.11	0.0387	1	20.3	0.0493	0.0019
Lakarsantri 1	Tersier	0.16	0.0715	1	17.9	0.0559	0.0040
Galeria Golf 1	Tersier	0.15	0.0652	1	20.4	0.0490	0.0032
Galeria Golf 2	Tersier	0.12	0.2955	1	25.8	0.0388	0.0115
Citra Raya 2	Sekunder	0.14	0.1445	1	21.8	0.0459	0.0066
Bukit Bali 1	Sekunder	0.18	0.36	1	23.6	0.0424	0.0153
Bukit Bali 2	Sekunder	0.21	0.431	1	25.8	0.0388	0.0167
Lakarsantri 2	Sekunder	0.19	0.1151	1	24.5	0.0408	0.0047
Blok N	Sekunder	0.24	0.6864	1	27.7	0.0361	0.0248
Banjarmelati	Sekunder	0.27	0.9057	1	30.5	0.0328	0.0297

*Sumber: Hasil Perhitungan*

### 5.1.10 Metode Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu

Waktu terjadinya hujan terpusat menurut pengamatan adalah selama 5 jam setiap hari.. Adapun untuk perhitungan hujan terpusat selama 5 jam sebagai berikut:

$$Rt_1 = \frac{R24}{5} \times \left(\frac{5}{1}\right)^{2/3} = 0,585$$

$$Rt_2 = \frac{R24}{5} \times \left(\frac{5}{2}\right)^{2/3} = 0,368$$

$$Rt_3 = \frac{R24}{5} \times \left(\frac{5}{3}\right)^{2/3} = 0,281$$

$$Rt_4 = \frac{R24}{5} \times \left(\frac{5}{4}\right)^{2/3} = 0,232$$

$$Rt_5 = \frac{R24}{5} \times \left(\frac{5}{5}\right)^{2/3} = 0,200$$

Dimana :

Rt = Rata-rata hujan dari permulaan sampai jam ke t (mm)

R24 = Tinggi hujan harian dalam 24 jam (mm)

t = Waktu hujan (jam)

T = Lama waktu hujan waktu terpusat (jam)

Rt = Tinggi hujan rata-rata pada jam (t) (mm)

R(t-1) = Rata-rata hujan dari permulaan sampai jam ke (t-1) (mm)

Tabel 5.32 Rata-rata tinggi hujan sampai jam ke t

No	t (jam)	Rt (mm)
1	1	0.585
2	2	0.368
3	3	0.281
4	4	0.232
5	5	0.2

Sumber: Hasil Perhitungan

Distribusi Hujannya :

$$Rt = Rt_1 = 0,585 R_{24}$$

$$Rt = (2Rt_2 - 1Rt_1) = 0,151 R_{24}$$

$$Rt = (3Rt_3 - 2Rt_2) = 0,107 R_{24}$$

$$Rt = (4Rt_4 - 3Rt_3) = 0,085 R_{24}$$

$$Rt = (5Rt_5 - 4Rt_4) = 0,072 R_{24}$$

Tabel 5.33 Rata-rata hujan pada jam ke t

No	t (jam)	Rt (mm)	t x Rt	(t-1) x R(t-1)	R't (mm)
1	1	0.585	0.585	0	0.585
2	2	0.368	0.736	0.585	0.151
3	3	0.281	0.843	0.737	0.106
4	4	0.232	0.928	0.843	0.085
5	5	0.2	1	0.928	0.072

Sumber: Hasil Perhitungan

### 5.1.11 Debit Rencana Sal BGI Utara Titik Kontrol 187

Titik kontrol 187 saluran BGI Utara dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainase. Berikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif (Reff) pada periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier :

Diketahui :

$$C = 0,4295$$

$$R_2 = 91,2 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$R_{eff} = C \times R_2 = 0,4295 \times 91,2 = 39,17 \text{ mm}$$

Dimana :

$$R_{eff} = \text{Tinggi hujan efektif (mm)}$$

$$R_2 = \text{Tinggi hujan rencana periode ulang 2 tahun (mm)}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran rata-rata}$$

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.34

Tabel 5.34 R efektif jam-jaman saluran BGI Utara (187)

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 2 tahun
1	0.585	22.915
2	0.151	5.915
3	0.106	4.152
4	0.085	3.329
5	0.072	2.820

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran tersier BGIUtara 187 menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

$$L = 0,4005 \text{ km}$$

$$A = 0,0219 \text{ km}^2$$

$$C = 0,4295$$

$$R_e = 1 \text{ mm/jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (karena untuk daerah pengaliran biasa)}$$

Penyelesaian :

1. Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg)  
dikarenakan  $L < 15 \text{ km}$ , maka :  
 $T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,4005^{0,7} = 0,1107$
2. Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  $tr = 0,75t_g$   
 $Tr = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,1107 = 0,083$
3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir  
 $T_p = T_g + 0,8Tr = 0,1107 + 0,8 \cdot 0,083 = 0,177$
4. Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )  
 $T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,1107 = 0,221$
5. Debit puncak ( $Q_p$ )  
 $Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_e) / (0,3T_p + T_{0,3}))$   
 $= 1/3,6 (0,0219 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,177 + 0,221) = 0,022 \text{ m}^3/\text{dt}$

Dimana :

$$L = \text{panjang alur sungai (km)}$$

$$T_g = \text{waktu konsentrasi (jam)}$$

$$Tr = \text{satuan waktu hujan diambil } 0,25 \text{ jam}$$

$$\alpha = \text{untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai } 2$$

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,177$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,177 < t < 0,177 + 0,221 = 0,177 < t < 0,398$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,398 < t < 0,177 + 0,221 + 1,5 \cdot 0,221 = 0,398 < t < 0,73$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 0,73$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.35

Tabel 5.35 Lengkung Hidrograf Saluran BGI Utara (187)

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,000
0,177077	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,022
0,398422	Qd <sub>1</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,007
0,730441	Qd <sub>2</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(0,5 T_{0,3}))/1,5 T_{0,3}}$	4,4,E-05
1			2,1,E-06
1,5			0,000
2			0,000
2,5			0,000
3			0,000
3,5			0,000
4			0,000
4,5			0,000
5			0,000
5,5	Qd <sub>3</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5 T_{0,3}))/2 T_{0,3}}$	0,000
6			0,000
6,5			0,000
7			0,000
7,5			0,000
8			0,000
8,5			0,000
9			0,000
9,5			0,000
10			0,000

Sumber : Hasil Perhitungan



Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) bisa dihitung dengan mengalihkan besar hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.36

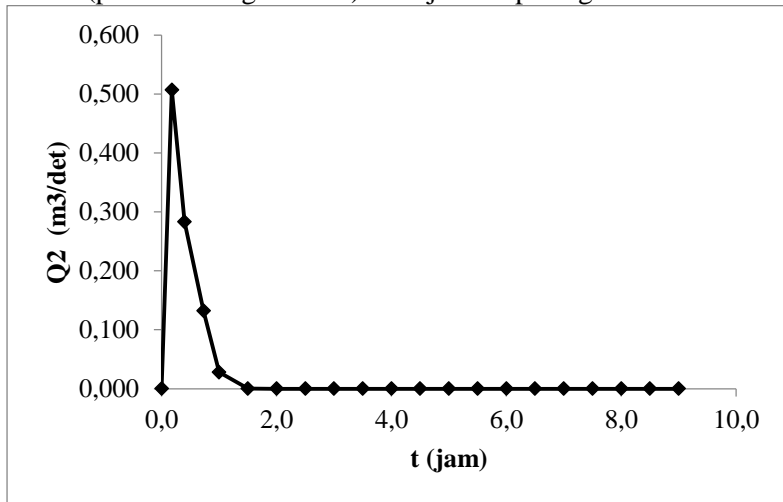
Tabel 5.36 Hidrograf Banjir Sal BGI Utara (187)

<b>t (jam)</b>	<b><math>Q_t</math> (<math>\text{m}^3/\text{det}</math>)</b>	<b>R1</b> 22,915	<b>R2</b> 5,915	<b>R3</b> 4,152	<b>R4</b> 3,329	<b>R5</b> 2,820	<b>Q2</b>
0,0	0,000	0,000					0,000
0,177077	0,022	0,507	0,000				0,507
0,398422	0,007	0,152	0,131	0,000			0,283
0,730441	4,4,E-05	0,001	0,039	0,092	0,000		0,132
1	2,1,E-06	0,000	0,000	0,028	0,000	0,000	0,028
1,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Catatan: Untuk jam ke-11 sampai jam ke-24 nilainya “0”

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 2 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.3



Gambar 5.3 Hidrograf Banjir Outlet Saluran BGI Utara Titik Kontrol 187 Periode Ulang 2 tahun

#### 5.1.12 Debit Rencana Sal BGI Utara Titik Kontrol 183

Titik kontrol 183 saluran BGI Utara dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainase. Berikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif ( $R_{eff}$ ) pada periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier :

Diketahui :

$$C = 0,4295$$

$$R_2 = 91,2 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$R_{eff} = C \times R_2 = 0,4295 \times 91,2 = 39,17 \text{ mm}$$

Dimana :

$$R_{eff} = \text{Tinggi hujan efektif (mm)}$$

$$R_2 = \text{Tinggi hujan rencana periode ulang 2 tahun (mm)}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran rata-rata}$$

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.37

Tabel 5.37 R efektif jam-jaman saluran BGI Utara (183)

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 2 tahun
1	0.585	22.915
2	0.151	5.915
3	0.106	4.152
4	0.085	3.329
5	0.072	2.820

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran tersier BGI Utara menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

$$L = 0,374 \text{ km}$$

$$A = 0,0219 \text{ km}^2$$

$$C = 0,4295$$

$$R_e = 1 \text{ mm/jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (karena untuk daerah pengaliran biasa)}$$

Penyelesaian :

1. Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg)  
dikarenakan  $L < 15 \text{ km}$ , maka :  
 $T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,374^{0,7} = 0,105$
2. Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  $tr = 0,75t_g$   
 $Tr = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,105 = 0,079$
3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir  
 $T_p = T_g \cdot 0,8Tr = 0,105 + 0,8 \cdot 0,079 = 0,169$
4. Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )  
 $T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,105 = 0,210$
5. Debit puncak ( $Q_p$ )  
 $Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_e) / (0,3T_p + T_{0,3}))$   
 $= 1/3,6 (0,0219 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,169 + 0,210) = 0,023 \text{ m}^3/\text{dt}$

Dimana :

- L = panjang alur sungai (km)  
 T<sub>g</sub> = waktu konsentrasi (jam)  
 T<sub>r</sub> = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam  
 α = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,169$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,169 < t < 0,169 + 0,210 = 0,169 < t < 0,38$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,38 < t < 0,169 + 0,210 + 1,5 \cdot 0,210 = 0,38 < t < 0,696$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 0,696$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.38

Tabel 5.38 Lengkung Hidrograf Saluran BGI Utara (183)

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,000
0,168728	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,023
0,379638	Qd <sub>1</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,007
0,696002	Qd <sub>2</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(0,5 T_{0,3}))/ (1,5 T_{0,3})}$	4,8,E-05
1			1,4,E-06
1,5			3,7,E-09
2			1,0,E-11
2,5	Qd <sub>3</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5 T_{0,3}))/ (2 T_{0,3})}$	0,000
3			0,000
3,5			0,000
4			0,000
4,5			0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir Q (m<sup>3</sup>/det) bisa dihitung dengan mengalihkan besar

hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $m^3/det$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.39

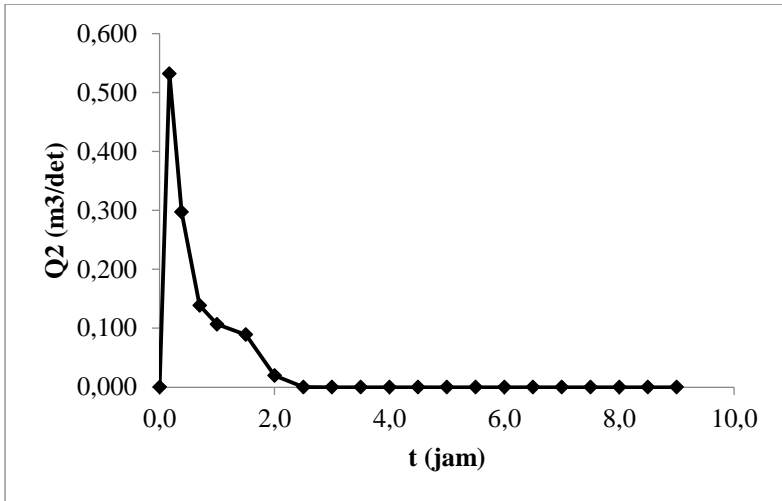
Tabel 5.39 Hidrograf Banjir Sal BGI Utara (183)

<b>t (jam)</b>	<b><math>Q_t</math> (<math>m^3/det</math>)</b>	<b>R1</b> 22,915	<b>R2</b> 5,915	<b>R3</b> 4,152	<b>R4</b> 3,329	<b>R5</b> 2,820	<b>Q2</b>
0,0	0,000	0,000					0,000
0,169	0,023	0,532	0,000				0,532
0,380	0,007	0,160	0,137	0,000			0,297
0,696	4,8E-05	0,001	0,041	0,096	0,000		0,139
1,0	1,4E-06	0,000	0,000	0,029	0,077	0,000	0,106
1,5	3,7E-09	0,000	0,000	0,000	0,023	0,065	0,089
2,0	1,0E-11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,020
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Catatan: Untuk jam ke-10 sampai jam ke-24 nilainya “0”

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 2 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.4



Gambar 5.4 Hidrograf Banjir Outlet Saluran BGI Utara Titik Kontrol 183 Periode Ulang 2 tahun

#### 5.1.13 Debit Rencana Sal BGI Utara Titik Kontrol 177

Titik kontrol 177 saluran BGI Utara dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainase. Berikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif ( $R_{eff}$ ) pada periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier :

Diketahui :

$$C = 0,4295$$

$$R_2 = 91,2 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$R_{eff} = C \times R_2 = 0,4295 \times 91,2 = 39,17 \text{ mm}$$

Dimana :

$$R_{eff} = \text{Tinggi hujan efektif (mm)}$$

$$R_2 = \text{Tinggi hujan rencana periode ulang 2 tahun (mm)}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran rata-rata}$$

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.40

Tabel 5.40 R efektif jam-jaman saluran BGI Utara (177)

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 2 tahun
1	0.585	22.915
2	0.151	5.915
3	0.106	4.152
4	0.085	3.329
5	0.072	2.820

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran tersier BGI Utara 177 menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

$$L = 0,334 \text{ km}$$

$$A = 0,0306 \text{ km}^2$$

$$C = 0,4295$$

$$R_e = 1 \text{ mm/jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (karena untuk daerah pengaliran biasa)}$$

Penyelesaian :

1. Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg)  
dikarenakan  $L < 15 \text{ km}$ , maka :  
 $T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,334^{0,7} = 0,097$
2. Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  $tr = 0,75t_g$   
 $Tr = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,097 = 0,073$
3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir  
 $T_p = T_g \cdot 0,8Tr = 0,097 + 0,8 \cdot 0,073 = 0,156$
4. Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )  
 $T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,097 = 0,195$
5. Debit puncak (Qp)  
 $Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_0) / (0,3T_p + T_{0,3}))$   
 $= 1/3,6 (0,0306 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,156 + 0,195) = 0,0351 \text{ m}^3/\text{dt}$

Dimana :

L = panjang alur sungai (km)

Tg = waktu konsentrasi (jam)

Tr = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam

$\alpha$  = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,156$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,156 < t < 0,156 + 0,195 = 0,156 < t < 0,35$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,35 < t < 0,156 + 0,195 + 1,5 \cdot 0,195 = 0,35 < t < 0,643$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 0,643$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.41

Tabel 5.41 Lengkung Hidrograf Saluran BGI Utara (177)

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,000
0,15586	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,035
0,350685	Qd <sub>1</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,011
0,642922	Qd <sub>2</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(0,5 T_{0,3}))/ (1,5 T_{0,3})}$	1,1E-04
1			1,7E-06
1,5			5,0E-09
2			1,5E-11
2,5	Qd <sub>3</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5 T_{0,3}))/ (2 T_{0,3})}$	0,000
3			0,000
3,5			0,000
4			0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir Q (m<sup>3</sup>/det) bisa dihitung dengan mengalihkan besar



hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $m^3/det$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.42

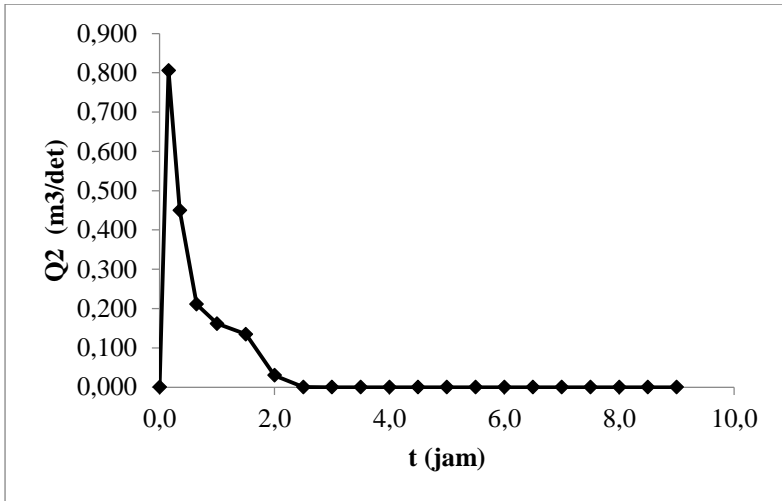
Tabel 5.42 Lengkung Hidrograf Saluran BGI Utara (177)

<b>t</b> <b>(jam)</b>	<b><math>Q_t</math></b> <b>(<math>m^3/det</math>)</b>	<b>R1</b> 22,915	<b>R2</b> 5,915	<b>R3</b> 4,152	<b>R4</b> 3,329	<b>R5</b> 2,820	<b>Q2</b>
0,0	0,000	0,000					0,000
0,156	0,035	0,806	0,000				0,806
0,351	0,011	0,242	0,208	0,000			0,450
0,643	1,1E-04	0,003	0,062	0,146	0,000		0,211
1,0	1,7E-06	0,000	0,001	0,044	0,117	0,000	0,162
1,5	5,0E-09	0,000	0,000	0,000	0,035	0,099	0,135
2,0	1,5E-11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030	0,030
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Catatan: Untuk jam ke-11 sampai jam ke-24 nilainya “0”

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 2 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.5



Gambar 5.5 Hidrograf Banjir Outlet Saluran BGI Utara Titik Kontrol 177 Periode Ulang 2 tahun

#### 5.1.14 Debit Rencana Sal BGI Utara Titik Kontrol 173

Titik kontrol 173 saluran BGI Utara dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainase. Berikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif ( $R_{eff}$ ) pada periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier :

Diketahui :

$$C = 0,4295$$

$$R_2 = 91,2 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$R_{eff} = C \times R_2 = 0,4295 \times 91,2 = 39,17 \text{ mm}$$

Dimana :

$$R_{eff} = \text{Tinggi hujan efektif (mm)}$$

$$R_2 = \text{Tinggi hujan rencana periode ulang 2 tahun (mm)}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran rata-rata}$$

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.43

Tabel 5.43 R efektif jam-jaman saluran BGI Utara 173

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 2 tahun
1	0.585	22.915
2	0.151	5.915
3	0.106	4.152
4	0.085	3.329
5	0.072	2.820

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran tersier BGIUtara menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

$$L = 0,267 \text{ km}$$

$$A = 0,0306 \text{ km}^2$$

$$C = 0,4295$$

$$R_e = 1 \text{ mm/jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (karena untuk daerah pengaliran biasa)}$$

Penyelesaian :

1. Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg)  
dikarenakan  $L < 15 \text{ km}$ , maka :  
 $T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,267^{0,7} = 0,083$
2. Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  $tr = 0,75t_g$   
 $Tr = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,083 = 0,062$
3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir  
 $T_p = T_g \cdot 0,8Tr = 0,083 + 0,8 \cdot 0,062 = 0,133$
4. Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )  
 $T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,083 = 0,166$
5. Debit puncak (Qp)  
 $Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_0) / (0,3T_p + T_{0,3}))$   
 $= 1/3,6 (0,0306 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,133 + 0,166) = 0,0411 \text{ m}^3/\text{dt}$

Dimana :

- $L$  = panjang alur sungai (km)  
 $T_g$  = waktu konsentrasi (jam)  
 $T_r$  = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam  
 $\alpha$  = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,133$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,133 < t < 0,133 + 0,166 = 0,133 < t < 0,3$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,3 < t < 0,133 + 0,166 + 1,5 \cdot 0,166 = 0,3 < t < 0,55$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 0,55$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.44

Tabel 5.44 Lengkung Hidrograf Saluran BGI Utara (173)

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,000
0,133321	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,041
0,299971	Qd <sub>1</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,012
0,549947	Qd <sub>2</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(0,5 T_{0,3}))/1,5 T_{0,3}}$	1,5E-04
1			4,0E-07
1,5			5,5E-10
2			7,5E-13
2,5	Qd <sub>3</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5 T_{0,3}))/2 T_{0,3}}$	0,000
3			0,000
3,5			0,000
4			0,000
4,5			0,000

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir  $Q$  (m<sup>3</sup>/det) bisa dihitung dengan mengalihkan besar

hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $m^3/det$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.45

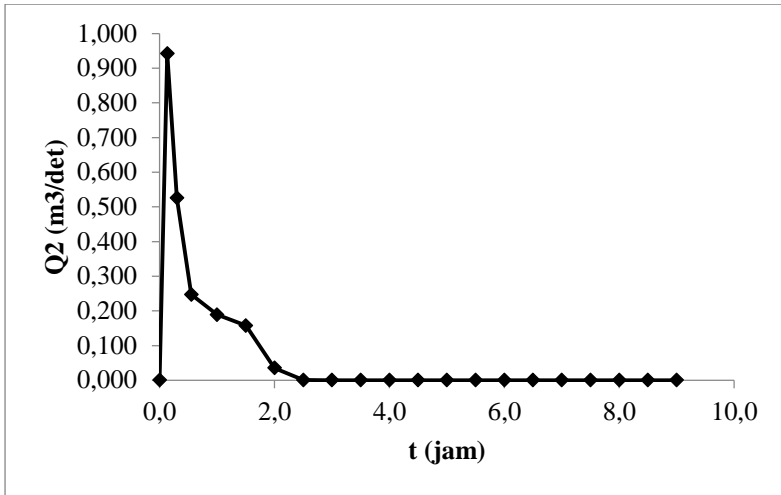
Tabel 5.45 Hidrograf Banjir Sal BGI Utara (173)

<b>t (jam)</b>	<b><math>Q_t</math> (<math>m^3/det</math>)</b>	<b>R1</b> 22,915	<b>R2</b> 5,915	<b>R3</b> 4,152	<b>R4</b> 3,329	<b>R5</b> 2,820	<b>Q2</b>
0,0	0,000	0,000					0,000
0,133	0,041	0,942	0,000				0,942
0,300	0,012	0,283	0,243	0,000			0,526
0,550	1,5E-04	0,003	0,073	0,171	0,000		0,247
1,0	4,0E-07	0,000	0,001	0,051	0,137	0,000	0,189
1,5	5,5E-10	0,000	0,000	0,001	0,041	0,116	0,158
2,0	7,5E-13	0,000	0,000	0,000	0,001	0,035	0,035
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Catatan: Untuk jam ke-10 sampai jam ke-24 nilainya “0”

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 2 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.6



Gambar 5.6 Hidrograf Banjir Outlet Saluran BGI Utara Titik Kontrol 173 Periode Ulang 2 tahun

#### 5.1.15 Debit Rencana Sal BGI Utara Titik Kontrol 171

Titik kontrol 171 saluran BGI Utara dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainase. Berikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif ( $R_{eff}$ ) pada periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier :

Diketahui :

$$C = 0,4295$$

$$R_2 = 91,2 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$R_{eff} = C \times R_2 = 0,4295 \times 91,2 = 39,17 \text{ mm}$$

Dimana :

$$R_{eff} = \text{Tinggi hujan efektif (mm)}$$

$$R_2 = \text{Tinggi hujan rencana periode ulang 2 tahun (mm)}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran rata-rata}$$

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.46

Tabel 5.46 R efektif jam-jaman saluran BGI Utara (171)

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 2 tahun
1	0.585	22.915
2	0.151	5.915
3	0.106	4.152
4	0.085	3.329
5	0.072	2.820

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran tersier BGI Utara menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

$$L = 0,1335 \text{ km}$$

$$A = 0,0175 \text{ km}^2$$

$$C = 0,4295$$

$$R_e = 1 \text{ mm/jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (karena untuk daerah pengaliran biasa)}$$

Penyelesaian :

1. Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg)  
dikarenakan  $L < 15 \text{ km}$ , maka :  
 $T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,1335^{0,7} = 0,051$
2. Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  $tr = 0,75t_g$   
 $T_r = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,051 = 0,038$
3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir  
 $T_p = T_g \cdot 0,8T_r = 0,051 + 0,8 \cdot 0,038 = 0,082$
4. Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )  
 $T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,051 = 0,1026$
5. Debit puncak ( $Q_p$ )  
 $Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_e) / (0,3T_p + T_{0,3}))$   
 $= 1/3,6 (0,0175 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,082 + 0,1026) = 0,038 \text{ m}^3/\text{dt}$

Dimana :

- $L$  = panjang alur sungai (km)  
 $T_g$  = waktu konsentrasi (jam)  
 $T_r$  = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam  
 $\alpha$  = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,082$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,082 < t < 0,082 + 0,102 = 0,082 < t < 0,185$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,185 < t < 0,082 + 0,102 + 1,5 \cdot 0,102 = 0,185 < t < 0,34$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 0,34$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.47

Tabel 5.47 Lengkung Hidrograf Saluran BGI Utara (171)

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	Qp x (t/Tp) <sup>2,4</sup>	0,000
0,082068	Qd <sub>0</sub>	Qp x (t/Tp) <sup>2,4</sup>	0,038
0,184654	Qd <sub>1</sub>	Qp x 0,3 <sup>^</sup> ((t-Tp)/T <sub>0,3</sub> )	0,011
0,338532	Qd <sub>2</sub>	Qp x 0,3 <sup>^</sup> ((t-Tp)+(0,5 T <sub>0,3</sub> ))/(1,5 T <sub>0,3</sub> )	1,3E-04
0,5			3,9E-06
1			7,2E-11
1,5			1,3E-15
2	Qd <sub>3</sub>	Qp x 0,3 <sup>^</sup> ((t-Tp)+(1,5 T <sub>0,3</sub> ))/(2 T <sub>0,3</sub> )	0,000
2,5			0,000
3			0,000
3,5			0,000
4			0,000

Sumber : Hasil Perhitungan



Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) bisa dihitung dengan mengalihkan besar hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.48

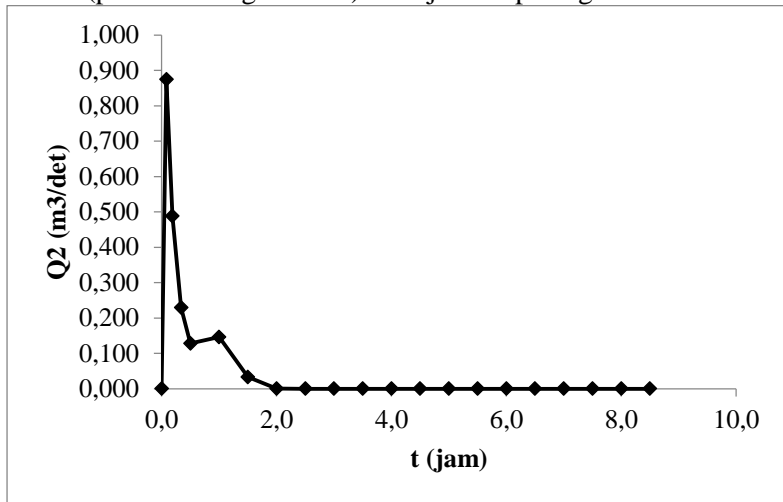
Tabel 5.48 Hidrograf Banjir Sal BGI Utara (171)

<b>t</b> <b>(jam)</b>	<b><math>Q_t</math></b> <b>(<math>\text{m}^3/\text{det}</math>)</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b><math>Q^2</math></b>
0,0	0,000	0,000					0,000
0,082	0,038	0,875	0,000				0,875
0,185	0,011	0,262	0,226	0,000			0,488
0,339	1,3E-04	0,003	0,068	0,158	0,000		0,229
0,5	3,9E-06	0,000	0,001	0,000	0,127	0,000	0,128
1,0	7,2E-11	0,000	0,000	0,000	0,038	0,108	0,146
1,5	1,3E-15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,032	0,033
2,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Catatan: Untuk jam ke-9 sampai jam ke-24 nilainya “0”

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 2 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.7



Gambar 5.7 Hidrograf Banjir Outlet Saluran BGI Utara Titik Kontrol 171 Periode Ulang 2 tahun

#### 5.1.16 Debit Rencana SalBGI Selatan 1 Titik Kontrol 93

Titik kontrol 93 saluran BGI Selatan 1 dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainase. Berikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif (Reff) pada periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier :

Diketahui :

$C = 0,478$

$R_2 = 91,2 \text{ mm}$

Penyelesaian :

$\text{Reff} = C \times R_2 = 0,478 \times 91,2 = 43,59 \text{ mm}$

Dimana :

$\text{Reff}$  = Tinggi hujan efektif (mm)

$R_2$  = Tinggi hujan rencana periode ulang 2 tahun (mm)

$C$  = Koefisien pengaliran rata-rata

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.49

Tabel 5.49 R efektif jam-jaman sal BGI Selatan 1 (193)

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 2tahun
1	0.585	25.502
2	0.151	6.583
3	0.106	4.621
4	0.085	3.705
5	0.072	3.139

Sumber: Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran sekunder banjarmelati menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

$$L = 0,162 \text{ km}$$

$$A = 0.00533 \text{ km}^2$$

$$C = 0,478$$

$$R_e = 1 \text{ mm/jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (karena untuk daerah pengaliran biasa)}$$

Penyelesaian :

1. Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg)  
dikarenakan  $L < 15 \text{ km}$ , maka :

$$T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,162^{0,7} = 0,059$$

2. Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  $tr = 0,75tg$

$$Tr = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,0587 = 0,044$$

3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir

$$T_p = T_g + 0,8Tr = 0,059 + 0,8 \cdot 0,044 = 0,094$$

4. Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,059 = 0,117$$

5. Debit puncak (Qp)

$$Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_e) / (0,3T_p + T_{0,3}))$$

$$= 1/3,6 (0,00533 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,094 + 0,117) = 0,0102 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Dimana :

$$L = \text{panjang alur sungai (km)}$$

$T_g$  = waktu konsentrasi (jam)

$T_r$  = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam

$\alpha$  = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,04$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,094 < t < 0,094 + 0,117 = 0,094 < t < 0,211$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,211 < t < 0,0 + 0,117 + 1,5 \cdot 0,117 = 0,211 < t < 0,388$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 0,388$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.50

Tabel 5.50 Lengkung Hidrograf Saluran BGI Selatan I

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,000
0,093972	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,010
0,211438	Qd <sub>1</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,003
0,387636	Qd <sub>2</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(0,5 T_{0,3}))/ (1,5 T_{0,3})}$	9,3E-06
0,5			5,8E-07
1			2,6E-12
1,5			1,1E-17
2			0,000
2,5	Qd <sub>3</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5 T_{0,3}))/ (2 T_{0,3})}$	0,000
3			0,000
3,5			0,000
4			0,000
4,5			0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) bisa dihitung dengan mengalihkan besar hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.51

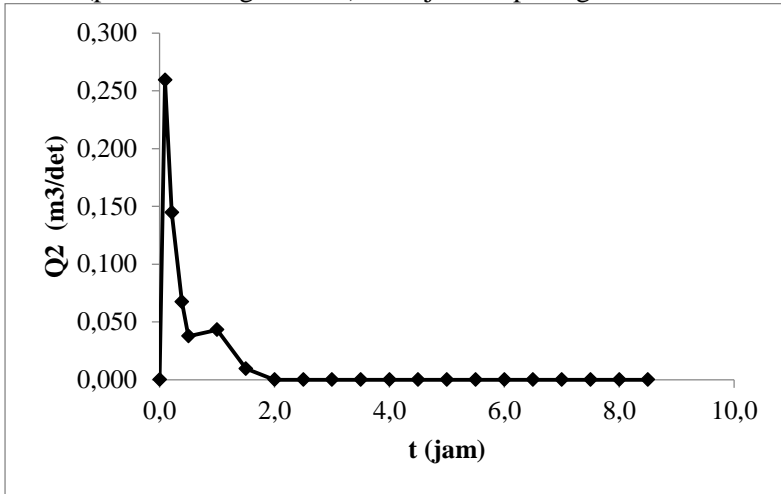
Tabel 5.51 Hidrograf Banjir Saluran BGI Selatan 1 ( $T=2\text{th}$ )

$t$ (jam)	$Q_t$ ( $\text{m}^3/\text{det}$ )	R1 25,502	R2 6,583	R3 4,621	R4 3,705	R5 3,139	Q2
0,0	0,000	0,000					0,000
0,094	0,010	0,259	0,000				0,259
0,211	0,003	0,078	0,067	0,000			0,145
0,388	9,3E-06	0,000	0,020	0,047	0,000		0,067
0,5	5,8E-07	0,000	0,000	0,000	0,038	0,000	0,038
1,0	2,6E-12	0,000	0,000	0,000	0,011	0,032	0,043
1,5	1,1E-17	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010
2,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Catatan: Untuk jam ke-9 sampai jam ke-24 nilainya "0"

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 2 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.8



Gambar 5.8 Hidrograf Banjir Outlet Saluran BGI Selatan 1 Titik Kontrol 93 Periode Ulang 2 tahun

#### 5.1.17 Debit Rencana Sal Sumerset Utara Titik Kontrol 193

Titik kontrol 193 saluran Sumerset Utara dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainase. Berikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif ( $R_{eff}$ ) pada periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier :

Diketahui :

$$C = 0,488$$

$$R_2 = 91,2 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$R_{eff} = C \times R_2 = 0,488 \times 91,2 = 44,5056 \text{ mm}$$

Dimana :

$$R_{eff} = \text{Tinggi hujan efektif (mm)}$$

$$R_2 = \text{Tinggi hujan rencana periode ulang 2 tahun (mm)}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran rata-rata}$$

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.52

Tabel 5.52R efektif Jam-jaman Sal Sumerset Utara

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam- jaman 2 tahun
1	0.585	26.036
2	0.151	6.720
3	0.106	4.718
4	0.085	3.783
5	0.072	3.204

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran tersier Sumerset Utara menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

$$L = 0,18 \text{ km}$$

$$A = 0.0076 \text{ km}^2$$

$$C = 0,488$$

$$R_e = 1 \text{ mm/jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (karena untuk daerah pengaliran biasa)}$$

Penyelesaian :

1. Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg) dikarenakan  $L < 15 \text{ km}$ , maka :  

$$T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,18^{0,7} = 0,063$$
2. Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  

$$tr = 0,75tg$$

$$Tr = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,063 = 0,0474$$
3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir  

$$T_p = T_g \cdot 0,8Tr = 0,063 + 0,8 \cdot 0,0474 = 0,0101$$
4. Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )  

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,063 = 0,126$$
5. Debit puncak ( $Q_p$ )  

$$Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_0) / (0,3T_p + T_{0,3}))$$

$$= 1/3,6 (0,0076 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,0101 + 0,126) = 0,0135 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Dimana :

- $L$  = panjang alur sungai (km)  
 $T_g$  = waktu konsentrasi (jam)  
 $T_r$  = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam  
 $\alpha$  = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,101$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,101 < t < 0,101 + 0,126 = 0,101 < t < 0,228$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,228 < t < 0,101 + 0,126 + 1,5 \cdot 0,126 = 0,228 < t < 0,417$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 0,417$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.53

Tabel 5.53 Lengkung Hidrograf Saluran Sumerset Utara (193)

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,000
0,101165	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,013
0,227621	Qd <sub>1</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,004
0,417305	Qd <sub>2</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(0,5 T_{0,3}))/ (1,5 T_{0,3})}$	1,6E-05
0,5			2,7E-06
1			5,0E-11
1,5			9,4E-16
2			0,0000000
2,5	Qd <sub>3</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5 T_{0,3}))/ (2 T_{0,3})}$	0,0000000
3			0,0000000
3,5			0,0000000
4			0,0000000
4,5			0,0000000
5			0,0000000

Sumber : Hasil Perhitungan



Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) bisa dihitung dengan mengalihkan besar hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.54

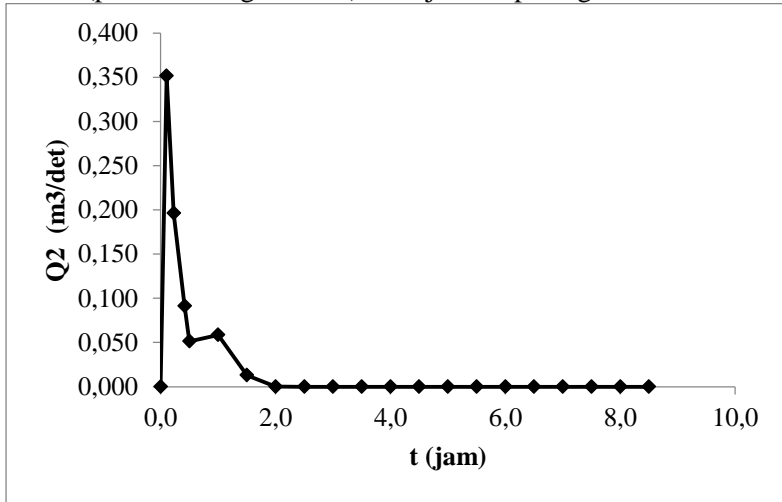
Tabel 5.54 Hidrograf Banjir Sal Sumerset Utara (193)

<b>t (jam)</b>	<b><math>Q_t</math> (<math>\text{m}^3/\text{det}</math>)</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b><math>Q_2</math></b>
0,0	0,000	0,000					0,000
0,101	0,013	0,351	0,000				0,351
0,228	0,004	0,105	0,091	0,000			0,196
0,417	1,6E-05	0,000	0,027	0,064	0,000		0,091
0,5	2,7E-06	0,000	0,000	0,000	0,051	0,000	0,051
1,0	5,0E-11	0,000	0,000	0,000	0,015	0,043	0,059
1,5	9,4E-16	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,013
2,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Catatan: Untuk jam ke-9 sampai jam ke-24 nilainya "0"

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 2 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.9



Gambar 5.9 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Sumerset Utara Titik Kontrol 193 Periode Ulang 2 tahun

#### 5.1.18 Debit Rencana Sal Sumerset Utara Titik Kontrol 191

Titik kontrol 191 saluran Sumerset Utara dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainase. Berikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif ( $R_{eff}$ ) pada periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier :

Diketahui :

$C = 0,488$

$R_2 = 91,2 \text{ mm}$

Penyelesaian :

$R_{eff} = C \times R_2 = 0,488 \times 91,2 = 44,5056 \text{ mm}$

Dimana :

$R_{eff}$  = Tinggi hujan efektif (mm)

$R_2$  = Tinggi hujan rencana periode ulang 2 tahun (mm)

$C$  = Koefisien pengaliran rata-rata

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.55

Tabel 5.55R efektif Jam-jaman Sal Sumerset Selatan (191)

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 2 tahun
1	0.585	26.036
2	0.151	6.720
3	0.106	4.718
4	0.085	3.783
5	0.072	3.204

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran tersier Sumerset Utara191 menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

L = 0,153 km

A = 0.0076 km<sup>2</sup>

C = 0,488

R<sub>e</sub> = 1 mm/jam

$\alpha$  = 2 (karena untuk daerah pengaliran biasa)

Penyelesaian :

Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg) dikarenakan L < 15 km, maka :

$$T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,153^{0,7} = 0,056$$

Satuan waktu hujan (tr) karena 0 < tr < 1, maka diasumsikan tr = 0,75tg

$$T_r = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,056 = 0,042$$

Waktu awal hujan sampai puncak banjir

$$T_p = T_g + 0,8T_r = 0,056 + 0,8 \cdot 0,042 = 0,09$$

Penurunan debit puncak menjadi 30 % (T<sub>0,3</sub>)

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,056 = 0,112$$

Debit puncak (Qp)

$$Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_0) / (0,3T_p + T_{0,3})) \\ = 1/3,6 (0,0076 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,062 + 0,078) = 0,0151 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Dimana :

L = panjang alur sungai (km)

Tg = waktu konsentrasi (jam)

Tr = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam

$\alpha$  = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,09$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,09 < t < 0,09 + 0,112 = 0,062 < t < 0,203$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,203 < t < 0,09 + 0,112 + 1,5 \cdot 0,112 = 0,203 < t < 0,372$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 0,372$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.56

Tabel 5.56 Lengkung Hidrograf Saluran Sumerset Utara 191

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,000
0,090287	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,015
0,203145	Qd <sub>1</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,005
0,372432	Qd <sub>2</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(0,5 T_{0,3}))/ (1,5 T_{0,3})}$	2,1E-05
0,5			9,8E-07
1			6,3E-12
1,5			4,1E-17
2			0,000
2,5	Qd <sub>3</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5 T_{0,3}))/ (2 T_{0,3})}$	0,000
3			0,000
3,5			0,000
4			0,000
4,5			0,000
5			0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) bisa dihitung dengan mengalihkan besar hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.57

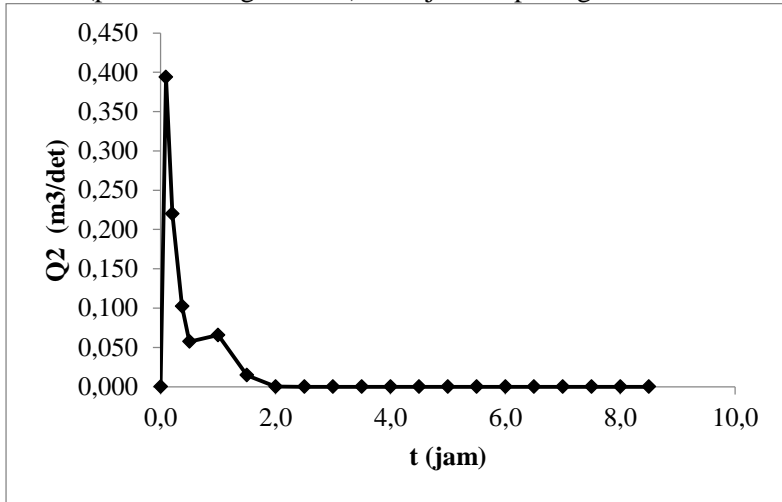
Tabel 5.57 Hidrograf Banjir Sal Sumerset Utara 191 (  $T=2\text{th}$  )

<b>t</b> <b>(jam)</b>	<b><math>Q_t</math></b> <b>(<math>\text{m}^3/\text{det}</math>)</b>	<b>R1</b> 26,036	<b>R2</b> 6,720	<b>R3</b> 4,718	<b>R4</b> 3,783	<b>R5</b> 3,204	<b><math>Q_2</math></b>
0,0	0,000	0,000					0,000
0,090	0,015	0,394	0,000				0,394
0,203	0,005	0,118	0,102	0,000			0,220
0,372	2,1E-05	0,001	0,030	0,071	0,000		0,102
0,5	9,8E-07	0,000	0,000	0,000	0,057	0,000	0,057
1,0	6,3E-12	0,000	0,000	0,000	0,017	0,048	0,066
1,5	4,1E-17	0,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,015
2,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Catatan: Untuk jam ke-9 sampai jam ke-24 nilainya “0”

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 2 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.10



Gambar 5.10 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Sumerset Utara  
Titik Kontrol 191 Periode Ulang 2 tahun

#### 5.1.19 Debit Rencana Sal BGI Selatan 2 Titik Kontrol 76

Titik kontrol 76 saluran BGI Selatan 2 dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainase. Berikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif ( $R_{eff}$ ) pada periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier :

Diketahui :

$$C = 0,366$$

$$R_2 = 91,2 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$R_{eff} = C \times R_2 = 0,366 \times 91,2 = 33,38 \text{ mm}$$

Dimana :

$$R_{eff} = \text{Tinggi hujan efektif (mm)}$$

$$R_2 = \text{Tinggi hujan rencana periode ulang 2 tahun (mm)}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran rata-rata}$$

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.58

Tabel 5.58 R efektif jam-jaman saluran BGI Selatan 2 (76)

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 5 tahun
1	0.585	19.527
2	0.151	5.040
3	0.106	3.538
4	0.085	2.837
5	0.072	2.403

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran tersier BGI Selatan menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

$$L = 0,3925 \text{ km}$$

$$A = 0,0184 \text{ km}^2$$

$$C = 0,366$$

$$R_e = 1 \text{ mm/jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (karena untuk daerah pengaliran biasa)}$$

Penyelesaian :

1. Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg)  
dikarenakan  $L < 15 \text{ km}$ , maka :  
 $T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,3925^{0,7} = 0,109$
2. Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  
 $tr = 0,75tg$   
 $Tr = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,109 = 0,082$
3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir  
 $T_p = T_g + 0,8Tr = 0,109 + 0,8 \cdot 0,082 = 0,174$
4. Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )  
 $T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,109 = 0,218$
5. Debit puncak (Qp)  
 $Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_e) / (0,3T_p + T_{0,3}))$   
 $= 1/3,6 (0,0184 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,174 + 0,218) = 0,019 \text{ m}^3/\text{dt}$

Dimana :

L = panjang alur sungai (km)

Tg = waktu konsentrasi (jam)

Tr = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam

$\alpha$  = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,174$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,174 < t < 0,174 + 0,218 = 0,174 < t < 0,393$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,393 < t < 0,174 + 0,218 + 1,5 \cdot 0,218 = 0,393 < t < 0,72$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 0,72$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.59.

Tabel 5.59 Lengkung Hidrograf Saluran BGI Selatan 2 (76)

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,000
0,174593	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,019
0,392834	Qd <sub>1</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,006
0,720196	Qd <sub>2</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(0,5 T_{0,3}))/ (1,5 T_{0,3})}$	3,2E-05
1			1,2E-06
1,5			3,1E-09
2			8,3E-12
2,5			0,000
3	Qd <sub>3</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5 T_{0,3}))/ (2 T_{0,3})}$	0,000
3,5			0,000
4			0,000
4,5			0,000
5			0,000

Sumber : Hasil Perhitungan



Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) bisa dihitung dengan mengalihkan besar hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.60

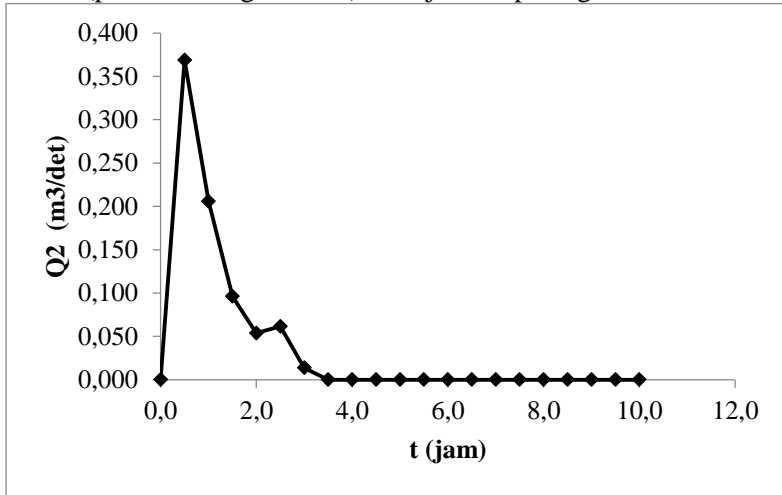
Tabel 5.60 Hidrograf Banjir Sal BGI Selatan 2 (76)

<b>t</b> <b>(jam)</b>	<b><math>Q_t</math></b> <b>(<math>\text{m}^3/\text{det}</math>)</b>	<b>R1</b> 19,527	<b>R2</b> 5,040	<b>R3</b> 3,538	<b>R4</b> 2,837	<b>R5</b> 2,403	<b><math>Q_2</math></b>
0,0	0,000	0,000					0,000
0,175	0,019	0,369	0,000				0,369
0,393	0,006	0,111	0,095	0,000			0,206
0,720	3,2E-05	0,001	0,029	0,067	0,000		0,096
1,0	1,2E-06	0,000	0,000	0,000	0,054	0,000	0,054
1,5	3,1E-09	0,000	0,000	0,000	0,016	0,045	0,061
2,0	8,3E-12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014	0,014
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Catatan: Untuk jam ke-9 sampai jam ke-24 nilainya “0”

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 2 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.11



Gambar 5.11 Hidrograf Banjir Outlet Saluran BGI Sel 2 Titik Kontrol 76 Periode Ulang 2 tahun

#### 5.1.20 Debit Rencana Sal BGI Selatan 2 Titik Kontrol 74

Berikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif (Reff) pada periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier :

Diketahui :

$$C = 0,366$$

$$R_2 = 91,2 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$\text{Reff} = C \times R_2 = 0,366 \times 91,2 = 33,38 \text{ mm}$$

Dimana :

Reff = Tinggi hujan efektif (mm)

$R_2$  = Tinggi hujan rencana periode ulang 2 tahun (mm)

C = Koefisien pengaliran rata-rata

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.61

Tabel 5.61R efektif jam-jaman saluran BGI Selatan 2 (74)

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 5 tahun
1	0.585	19.527
2	0.151	5.040
3	0.106	3.538
4	0.085	2.837
5	0.072	2.403

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran tersier BGI Selatan menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

$$L = 0,2355 \text{ km}$$

$$A = 0,0184 \text{ km}^2$$

$$C = 0,366$$

$$R_e = 1 \text{ mm/jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (karena untuk daerah pengaliran biasa)}$$

Penyelesaian :

1. Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg)  
dikarenakan  $L < 15 \text{ km}$ , maka :  
 $T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,2355^{0,7} = 0,076$
2. Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  
 $tr = 0,75tg$   
 $Tr = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,076 = 0,057$
3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir  
 $T_p = T_g + 0,8Tr = 0,076 + 0,8 \cdot 0,057 = 0,057$
4. Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )  
 $T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,076 = 0,153$
5. Debit puncak (Qp)  
 $Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_e) / (0,3T_p + T_{0,3}))$   
 $= 1/3,6 (0,0184 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,057 + 0,153) = 0,027 \text{ m}^3/\text{dt}$

Dimana :

L = panjang alur sungai (km)

Tg = waktu konsentrasi (jam)

Tr = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam

$\alpha$  = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,122$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,122 < t < 0,122 + 0,153 = 0,122 < t < 0,275$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,275 < t < 0,122 + 0,153 + 1,5 \cdot 0,153 = 0,275 < t < 0,504$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 0,504$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.62

Tabel 5.62 Lengkung Hidrograf Saluran BGISelatan 1 (74)

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,000
0,122105	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,027
0,274736	Qd <sub>1</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,008
0,503683	Qd <sub>2</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(0,5 T_{0,3}))/ (1,5 T_{0,3})}$	6,6E-05
1			2,6E-08
1,5			9,8E-12
2			3,7E-15
2,5			0,000
3	Qd <sub>3</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5 T_{0,3}))/ (2 T_{0,3})}$	0,000
3,5			0,000
4			0,000
4,5			0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) bisa dihitung dengan mengalihkan besar hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.63

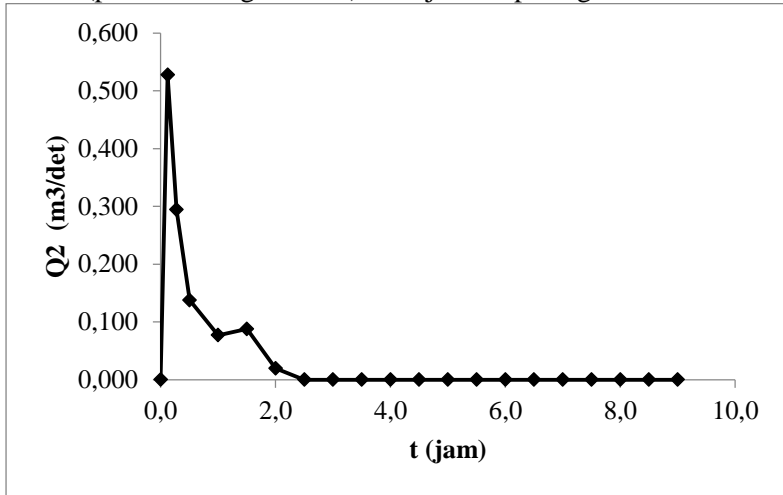
Tabel 5.63 Hidrograf Banjir Sal BGI Selatan 2 (74)

<b>t</b> <b>(jam)</b>	<b>Qt</b> <b>(m<sup>3</sup>/det)</b>	<b>R1</b> 19,527	<b>R2</b> 5,040	<b>R3</b> 3,538	<b>R4</b> 2,837	<b>R5</b> 2,403	<b>Q2</b>
0,0	0,000	0,000					0,000
0,122	0,027	0,527	0,000				0,527
0,275	0,008	0,158	0,136	0,000			0,294
0,504	6,6E-05	0,001	0,041	0,096	0,000		0,138
1,0	2,6E-08	0,000	0,000	0,000	0,077	0,000	0,077
1,5	9,8E-12	0,000	0,000	0,000	0,023	0,065	0,088
2,0	3,7E-15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	0,020
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Catatan: Untuk jam ke-9,5 sampai jam ke-24 nilainya “0”

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 2 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.12



Gambar 5.12 Hidrograf Banjir Outlet Saluran BGI Sel 2 Titik Kontrol 74 Periode Ulang 2 tahun

### 5.1.21 Debit Rencana Sal Golf Citraland Titik Kontrol 132

Titik kontrol 132 saluran Golf Citraland dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainase. Berikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif ( $R_{eff}$ ) pada periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier :

Diketahui :

$$C = 0,421$$

$$R_2 = 91,2 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$R_{eff} = C \times R_2 = 0,421 \times 91,2 = 38,3952 \text{ mm}$$

Dimana :

$$R_{eff} = \text{Tinggi hujan efektif (mm)}$$

$$R_2 = \text{Tinggi hujan rencana periode ulang 2 tahun (mm)}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran rata-rata}$$

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.64

Tabel 5.64R efektif jam-jaman saluran Golf Citraland

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 2 tahun
1	0.585	22.461
2	0.151	5.798
3	0.106	4.070
4	0.085	3.264
5	0.072	2.764

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran tersier Golf Citraland menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

$$L = 0,572 \text{ km}$$

$$A = 0,0299 \text{ km}^2$$

$$C = 0,421$$

$$R_e = 1 \text{ mm/jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (karena untuk daerah pengaliran biasa)}$$

Penyelesaian :

1. Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg)  
dikarenakan  $L < 15 \text{ km}$ , maka :  
 $T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,572^{0,7} = 0,142$
2. Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  
 $tr = 0,75tg$   
 $Tr = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,142 = 0,106$
3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir  
 $T_p = T_g \cdot 0,8Tr = 0,142 + 0,8 \cdot 0,106 = 0,227$
4. Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )  
 $T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,142 = 0,284$
5. Debit puncak (Qp)  
 $Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_0) / (0,3T_p + T_{0,3}))$   
 $= 1/3,6 (0,0299 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,227 + 0,284) = 0,0236 \text{ m}^3/\text{dt}$

Dimana :

- $L$  = panjang alur sungai (km)  
 $T_g$  = waktu konsentrasi (jam)  
 $T_r$  = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam  
 $\alpha$  = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,227$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,227 < t < 0,227 + 0,284 = 0,227 < t < 0,511$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,511 < t < 0,227 + 0,284 + 1,5 \cdot 0,284 = 0,511 < t < 0,937$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 0,937$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.65

Tabel 5.65 Lengkung Hidrograf Saluran Golf Citraland (132)

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,000
0,227257	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,024
0,511327	Qd <sub>1</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,007
0,937433	Qd <sub>2</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(0,5 T_{0,3}))/ (1,5 T_{0,3})}$	5,0E-05
1			2,9E-05
1,5			3,7E-07
2			4,8E-09
2,5			0,000
3	Qd <sub>3</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5 T_{0,3}))/ (2 T_{0,3})}$	0,000
3,5			0,000
4			0,000
4,5			0,000

Sumber : Hasil Perhitungan



Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) bisa dihitung dengan mengalihkan besar hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.66

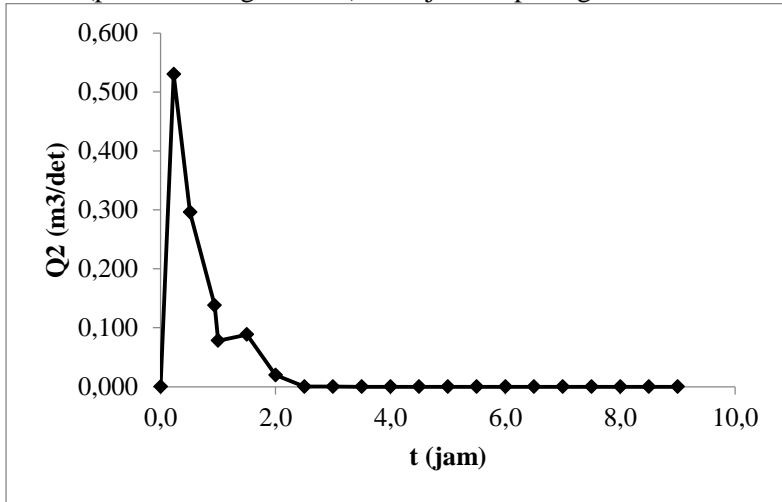
Tabel 5.66 Hidrograf Banjir Sal Golf Citraland (132)

<b>t (jam)</b>	<b><math>Q_t</math> (<math>\text{m}^3/\text{det}</math>)</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b><math>Q_2</math></b>
0,0	0,000	0,000					0,000
0,227	0,024	0,530	0,000				0,530
0,511	0,007	0,159	0,137	0,000			0,296
0,937	5,0E-05	0,001	0,041	0,096	0,000		0,138
1,0	2,9E-05	0,001	0,000	0,000	0,077	0,000	0,078
1,5	3,7E-07	0,000	0,000	0,000	0,023	0,065	0,089
2,0	4,8E-09	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,020
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Catatan: Untuk jam ke-10 sampai jam ke-24 nilainya “0”

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 2 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.13



Gambar 5.13 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Golf Citraland Titik Kontrol 132 Periode Ulang 2 tahun

#### 5.1.22 Debit Rencana Sal Golf Citraland Titik Kontrol 124

Titik kontrol 124 saluran Golf Citraland dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainase. Berikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif ( $R_{eff}$ ) pada periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier :

Diketahui :

$$C = 0,421$$

$$R_2 = 91,2 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$R_{eff} = C \times R_2 = 0,421 \times 91,2 = 38,3952 \text{ mm}$$

Dimana :

$$R_{eff} = \text{Tinggi hujan efektif (mm)}$$

$$R_2 = \text{Tinggi hujan rencana periode ulang 2 tahun (mm)}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran rata-rata}$$

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.67

Tabel 5.67 R efektif jam-jaman saluran Golf Citraland 124

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 2 tahun
1	0.585	22.461
2	0.151	5.798
3	0.106	4.070
4	0.085	3.264
5	0.072	2.764

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran tersier Golf Citraland 124  
menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

$$L = 0,858 \text{ km}$$

$$A = 0,0598 \text{ km}^2$$

$$C = 0,421$$

$$R_e = 1 \text{ mm/jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (karena untuk daerah pengaliran biasa)}$$

Penyelesaian :

1. Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg)  
dikarenakan  $L < 15 \text{ km}$ , maka :  
 $T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,858^{0,7} = 0,188$
2. Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  
 $tr = 0,75tg$   
 $Tr = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,188 = 0,141$
3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir  
 $T_p = T_g \cdot 0,8Tr = 0,141 + 0,8 \cdot 0,141 = 0,302$
4. Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )  
 $T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,188 = 0,377$
5. Debit puncak ( $Q_p$ )  
 $Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_0) / (0,3T_p + T_{0,3}))$   
 $= 1/3,6 (0,0598 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,302 + 0,377) = 0,0355 \text{ m}^3/\text{dt}$

Dimana :

L = panjang alur sungai (km)

Tg = waktu konsentrasi (jam)

Tr = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam

$\alpha$  = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,302$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,302 < t < 0,302 + 0,377 = 0,302 < t < 0,679$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,679 < t < 0,679 + 0,377 + 1,5 \cdot 0,377 = 0,679 < t < 1,245$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 1,245$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.68

Tabel 5.68 Lengkung Hidrograf Saluran Golf Citraland (124)

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,000
0,301842	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,036
0,679146	Qd <sub>1</sub>	$Q_p \times 0,3^{\frac{(t-T_p)}{T_{0,3}}}$	0,011
1,2451	Qd <sub>2</sub>	$Q_p \times 0,3^{\frac{(t-T_p)+(0,5 T_{0,3})}{(1,5 T_{0,3})}}$	1,1E-04
1,5			2,5E-05
2			1,2E-06
2,5			6,0E-08
3			0,000
3,5	Qd <sub>3</sub>	$Q_p \times 0,3^{\frac{(t-T_p)+(1,5 T_{0,3})}{(2 T_{0,3})}}$	0,000
4			0,000
4,5			0,000
5			0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) bisa dihitung dengan mengalihkan besar hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.69

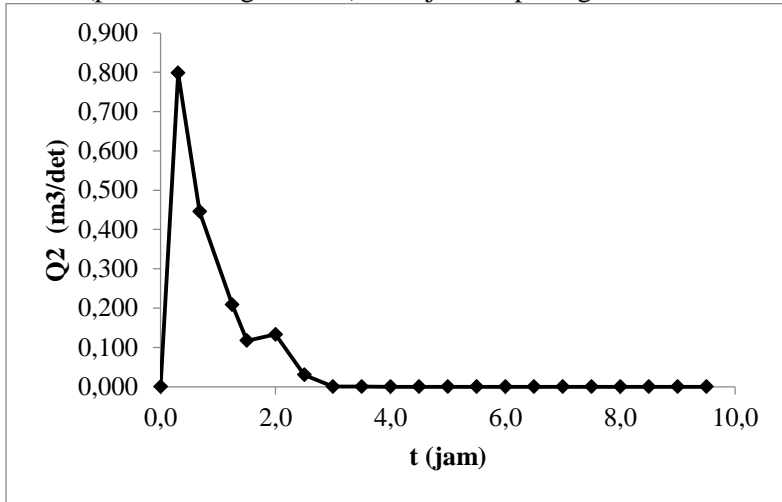
Tabel 5.69 Hidrograf Banjir Sal Golf Citraland (124)

<b>t</b> <b>(jam)</b>	<b><math>Q_t</math></b> <b>(<math>\text{m}^3/\text{det}</math>)</b>	<b>R1</b> 22,461	<b>R2</b> 5,798	<b>R3</b> 4,070	<b>R4</b> 3,264	<b>R5</b> 2,764	<b>Q2</b>
0,0	0,000	0,000					0,000
0,302	0,036	0,798	0,000				0,798
0,679	0,011	0,239	0,206	0,000			0,445
1,245	1,1E-04	0,003	0,062	0,145	0,000		0,209
1,5	2,5E-05	0,001	0,001	0,000	0,116	0,000	0,117
2,0	1,2E-06	0,000	0,000	0,000	0,035	0,098	0,133
2,5	6,0E-08	0,000	0,000	0,000	0,000	0,029	0,030
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Catatan: Untuk jam ke-10 sampai jam ke-24 nilainya “0”

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 2 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.14



Gambar 5.14 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Golf Citraland Titik Kontrol 124 Periode Ulang 2 tahun

### 5.1.23 Debit Rencana Sal Sumerset Selatan Titik Kontrol 160

Titik kontrol 160 saluran Sumerset Selatan dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainase. Berikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif ( $R_{eff}$ ) pada periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier :

Diketahui :

$C = 0,521$

$R_2 = 91,2 \text{ mm}$

Penyelesaian :

$R_{eff} = C \times R_2 = 0,478 \times 91,2 = 47,51 \text{ mm}$

Dimana :

$R_{eff}$  = Tinggi hujan efektif (mm)

$R_2$  = Tinggi hujan rencana periode ulang 2 tahun (mm)

$C$  = Koefisien pengaliran rata-rata

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.70

Tabel 5.70 R efektif Jam-jaman Sal Sumerset Selatan (160)

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 2 tahun
1	0.585	27.796
2	0.151	7.175
3	0.106	5.037
4	0.085	4.039
5	0.072	3.421

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran tersier Sumerset Selatan menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

$$L = 0,464 \text{ km}$$

$$A = 0.0186 \text{ km}^2$$

$$C = 0,521$$

$$R_e = 1 \text{ mm/jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (karena untuk daerah pengaliran biasa)}$$

Penyelesaian :

Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg)  
dikarenakan  $L < 15 \text{ km}$ , maka :

$$T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,464^{0,7} = 0,123$$

Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  
 $tr = 0,75tg$

$$Tr = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,123 = 0,092$$

Waktu awal hujan sampai puncak banjir

$$Tp = T_g + 0,8Tr = 0,123 + 0,8 \cdot 0,092 = 0,196$$

Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,123 = 0,245$$

Debit puncak (Qp)

$$Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_0) / (0,3Tp + T_{0,3})) \\ = 1/3,6 (0,0186 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,196 + 0,245) = 0,017 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Dimana :

L = panjang alur sungai (km)

Tg = waktu konsentrasi (jam)

Tr = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam

$\alpha$  = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,196$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,196 < t < 0,196 + 0,245 = 0,196 < t < 0,442$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,442 < t < 0,196 + 0,245 + 1,5 \cdot 0,245 = 0,442 < t < 0,81$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 0,81$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.71

Tabel 5.71 Lengkung Hidrograf Saluran Sumerset Selatan (160)

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,000
0,196292	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,017
0,441656	Qd <sub>1</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,005
0,809703	Qd <sub>2</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(0,5 T_{0,3}))/ (1,5 T_{0,3})}$	2,6E-05
1			3,3E-06
1,5			1,5E-08
2			7,1E-11
2,5			0,000
3	Qd <sub>3</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5 T_{0,3}))/ (2 T_{0,3})}$	0,000
3,5			0,000
4			0,000
4,5			0,000

Sumber : Hasil Perhitungan



Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) bisa dihitung dengan mengalihkan besar hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.72

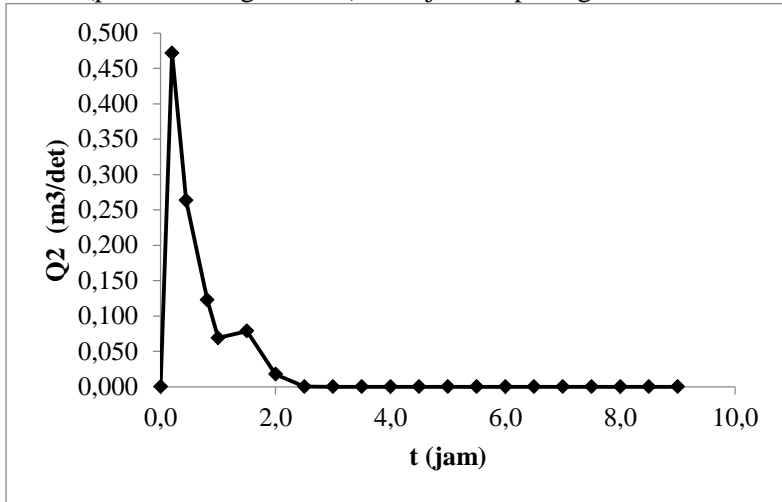
Tabel 5.72 Hidrograf Banjir Sal Sumerset Selatan (160)

<b>t (jam)</b>	<b><math>Q_t</math> (<math>\text{m}^3/\text{det}</math>)</b>	<b>R1</b> 27,796	<b>R2</b> 7,175	<b>R3</b> 5,037	<b>R4</b> 4,039	<b>R5</b> 3,421	<b>Q2</b>
0,0	0,000	0,000					0,000
0,196	0,017	0,472	0,000				0,472
0,442	0,005	0,141	0,122	0,000			0,263
0,810	2,6E-05	0,001	0,037	0,085	0,000		0,123
1,0	3,3E-06	0,000	0,000	0,000	0,069	0,000	0,069
1,5	1,5E-08	0,000	0,000	0,000	0,021	0,058	0,079
2,0	7,1E-11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,018
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Catatan: Untuk jam ke-10 sampai jam ke-24 nilainya “0”

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 2 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.15



Gambar 5.15 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Sumerset Selatan Titik Kontrol 160 Periode Ulang 2 tahun

#### 5.1.24 Debit Rencana Sal Sumerset Selatan Titik Kontrol 153

Titik kontrol 153 saluran Sumerset Selatan dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainase. Berikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif ( $R_{eff}$ ) pada periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier :

Diketahui :

$$C = 0,521 \quad R_2 = 91,2 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$R_{eff} = C \times R_2 = 0,478 \times 91,2 = 47,51 \text{ mm}$$

Dimana :

$$R_{eff} = \text{Tinggi hujan efektif (mm)}$$

$$R_2 = \text{Tinggi hujan rencana periode ulang 2 tahun (mm)}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran rata-rata}$$

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.73

Tabel 5.73 R efektif Jam-jaman Sal Sumerset Selatan (153)

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 2 tahun
1	0.585	27.796
2	0.151	7.175
3	0.106	5.037
4	0.085	4.039
5	0.072	3.421

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran tersier Sumerset Selatan menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

L = 0,58 km

A = 0.031 km<sup>2</sup>

C = 0,521

R<sub>e</sub> = 1 mm/jam

$\alpha$  = 2 (karena untuk daerah pengaliran biasa)

Penyelesaian :

Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg)  
dikarenakan  $L < 15$  km, maka :

$$T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,58^{0,7} = 0,1434$$

Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  
 $tr = 0,75tg$

$$Tr = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,1434 = 0,107$$

Waktu awal hujan sampai puncak banjir

$$T_p = T_g + 0,8 Tr = 0,1434 + 0,8 \cdot 0,107 = 0,229$$

Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,1434 = 0,287$$

Debit puncak (Qp)

$$Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_0) / (0,3T_p + T_{0,3}))$$

$$= 1/3,6 (0,031 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,229 + 0,287) = 0,0242 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Dimana :

$L$  = panjang alur sungai (km)

$T_g$  = waktu konsentrasi (jam)

$T_r$  = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam

$\alpha$  = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,2295$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,2295 < t < 0,2295 + 0,287 = 0,2295 < t < 0,516$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,516 < t < 0,2295 + 0,287 + 1,5 \cdot 0,287 = 0,516 < t < 0,947$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 0,947$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.74

**Tabel 5.74 Lengkung Hidrograf Saluran Sumerset Selatan (153)**

t (jam)	Notasi	Persamaan	$Q_t$ (m <sup>3</sup> /det)
0	$Q_{d0}$	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,000
0,229477	$Q_{d0}$	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,024
0,516323	$Q_{d1}$	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,007
0,946592	$Q_{d2}$	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(0,5 T_{0,3}))/1,5 T_{0,3})}$	5,3E-05
1			3,3E-05
1,5			4,5E-07
2			6,2E-09
2,5			0,000
3	$Q_{d3}$	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5 T_{0,3}))/2 T_{0,3})}$	0,000
3,5			0,000
4			0,000
4,5			0,000

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) bisa dihitung dengan mengalihkan besar hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.75

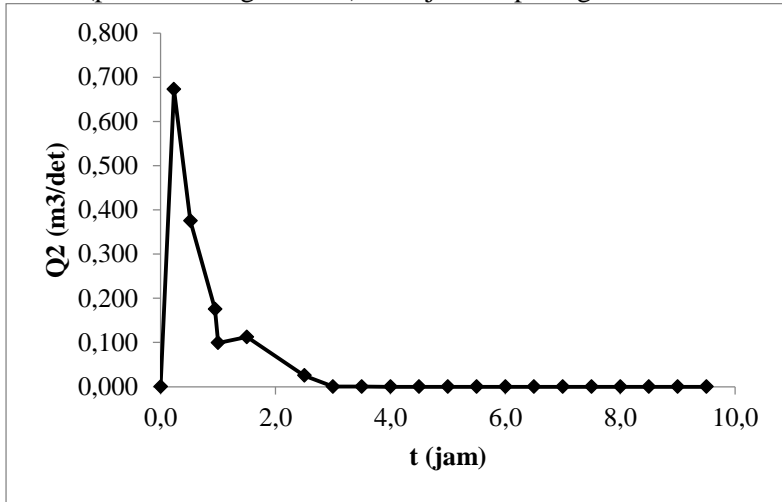
Tabel 5.75 Hidrograf Banjir Sal Sumerset Selatan (153)

<b>t</b> <b>(jam)</b>	<b><math>Q_t</math></b> <b>(<math>\text{m}^3/\text{det}</math>)</b>	<b>R1</b> 27,796	<b>R2</b> 7,175	<b>R3</b> 5,037	<b>R4</b> 4,039	<b>R5</b> 3,421	<b><math>Q_2</math></b>
0,0	0,000	0,000					0,000
0,229	0,024	0,672	0,000				0,672
0,516	0,007	0,202	0,174	0,000			0,375
0,947	5,3E-05	0,001	0,052	0,122	0,000		0,175
1,0	3,3E-05	0,001	0,000	0,000	0,098	0,000	0,099
1,5	4,5E-07	0,000	0,000	0,000	0,029	0,083	0,112
2,0	6,2E-09	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,025
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Catatan: Untuk jam ke-9,5 sampai jam ke-24 nilainya “0”

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 2 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.16



Gambar 5.16 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Sumerset Selatan Titik Kontrol 153 Periode Ulang 2 tahun

#### 5.1.25 Debit Rencana Saluran Lakarsantri Titik Kontrol 145

Titik kontrol 145 saluran Lakarsantri dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainase. Berikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif ( $R_{eff}$ ) pada periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier :

Diketahui :

$$C = 0,615$$

$$R_2 = 91,2 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$R_{eff} = C \times R_2 = 0,615 \times 91,2 = 56,1 \text{ mm}$$

Dimana :

$$R_{eff} = \text{Tinggi hujan efektif (mm)}$$

$$R_2 = \text{Tinggi hujan rencana periode ulang 2 tahun (mm)}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran rata-rata}$$

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.76

Tabel 5.76 R efektif Jam-jaman Sal Lakarsantri (145)

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 2 tahun
1	0.585	32.811
2	0.151	8.469
3	0.106	5.945
4	0.085	4.767
5	0.072	4.038

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran tersier lakarsantri 145 menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

$$L = 0,235 \text{ km}$$

$$A = 0.0096 \text{ km}^2$$

$$C = 0,615$$

$$R_e = 1 \text{ mm/jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (karena untuk daerah pengaliran biasa)}$$

Penyelesaian :

Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg) dikarenakan  $L < 15 \text{ km}$ , maka :

$$T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,235^{0,7} = 0,076$$

Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  $tr = 0,75tg$

$$Tr = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,076 = 0,057$$

Waktu awal hujan sampai puncak banjir

$$T_p = T_g + 0,8Tr = 0,076 + 0,8 \cdot 0,057 = 0,122$$

Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,076 = 0,152$$

Debit puncak ( $Q_p$ )

$$Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_e) / (0,3T_p + T_{0,3})) \\ = 1/3,6 (0,0096 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,122 + 0,152) = 0,014 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Dimana :

L = panjang alur sungai (km)

Tg = waktu konsentrasi (jam)

Tr = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam

$\alpha$  = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,122$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,122 < t < 0,122 + 0,152 = 0,122 < t < 0,274$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,274 < t < 0,122 + 0,152 + 1,5 \cdot 0,152 = 0,274 < t < 0,503$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 0,503$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.77

Tabel 5.77 Lengkung Hidrograf Saluran Lakarsantri 1 (145)

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,000
0,121923	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,014
0,274327	Qd <sub>1</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,004
0,502934	Qd <sub>2</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(0,5 T_{0,3}))/1,5 T_{0,3})}$	1,8E-05
1			2,4E-09
1,5			3,1E-13
2			4,0E-17
2,5			0,000
3	Qd <sub>3</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5 T_{0,3}))/2 T_{0,3})}$	0,000
3,5			0,000
4			0,000
4,5			0,000

Sumber : Hasil Perhitungan



Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) bisa dihitung dengan mengalihkan besar hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.78

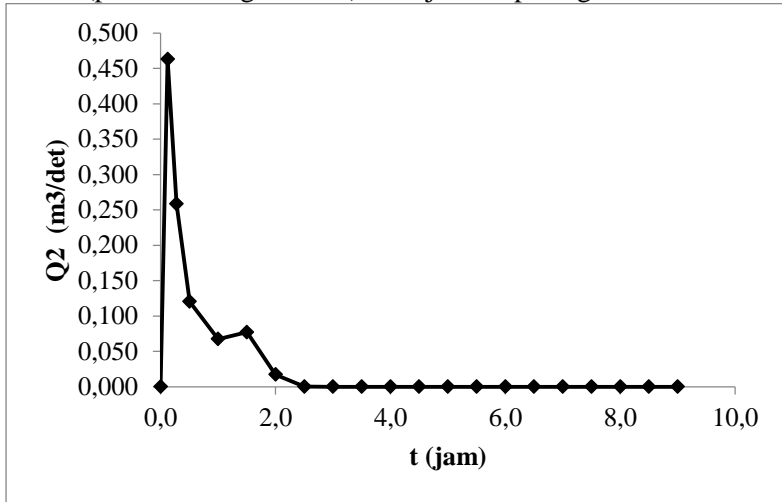
Tabel 5.78 Hidrograf Banjir Sal Lakarsantri 1 (145)

<b>t</b> <b>(jam)</b>	<b><math>Q_t</math></b> <b>(<math>\text{m}^3/\text{det}</math>)</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b><math>Q_2</math></b>
0,0	0,000	0,000					0,000
0,122	0,014	0,463	0,000				0,463
0,274	0,004	0,139	0,120	0,000			0,258
0,503	1,8E-05	0,001	0,036	0,084	0,000		0,120
1,0	2,4E-09	0,000	0,000	0,000	0,067	0,000	0,067
1,5	3,1E-13	0,000	0,000	0,000	0,020	0,057	0,077
2,0	4,0E-17	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,017
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Catatan: Untuk jam ke-10 sampai jam ke-24 nilainya “0”

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 2 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.17



Gambar 5.17 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Lakarsantri 1 Titik Kontrol 145 Periode Ulang 2 tahun

#### 5.1.26 Debit Rencana Sal Lakarsantri Titik Kontrol 142

Titik kontrol 142 saluran Lakarsantri dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainase. Berikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif ( $R_{eff}$ ) pada periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier :

Diketahui :

$$C = 0,611$$

$$R_2 = 91,2 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$R_{eff} = C \times R_2 = 0,615 \times 91,2 = 55,73 \text{ mm}$$

Dimana :

$$R_{eff} = \text{Tinggi hujan efektif (mm)}$$

$$R_2 = \text{Tinggi hujan rencana periode ulang 2 tahun (mm)}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran rata-rata}$$

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.79

Tabel 5.79 R efektif Jam-jaman Sal Lakarsantri (142)

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 2 tahun
1	0.585	32.598
2	0.151	8.414
3	0.106	5.907
4	0.085	4.736
5	0.072	4.012

Sumber: Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran tersier lakarsantri menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

$$L = 0,26 \text{ km}$$

$$A = 0.0319 \text{ km}^2$$

$$C = 0,611$$

$$R_e = 1 \text{ mm/jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (karena untuk daerah pengaliran biasa)}$$

Penyelesaian :

Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg) dikarenakan  $L < 15 \text{ km}$ , maka :

$$T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,26^{0,7} = 0,082$$

Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  $tr = 0,75tg$

$$Tr = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,082 = 0,061$$

Waktu awal hujan sampai puncak banjir

$$T_p = T_g + 0,8Tr = 0,082 + 0,8 \cdot 0,061 = 0,13$$

Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,082 = 0,163$$

Debit puncak (Qp)

$$Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_0) / (0,3T_p + T_{0,3}))$$

$$= 1/3,6 (0,0319 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,13 + 0,163) = 0,044 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Dimana :

$L$  = panjang alur sungai (km)

$T_g$  = waktu konsentrasi (jam)

$T_r$  = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam

$\alpha$  = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,13$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,13 < t < 0,13 + 0,163 = 0,13 < t < 0,294$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,294 < t < 0,13 + 0,163 + 1,5 \cdot 0,163 = 0,294 < t < 0,54$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 0,54$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.80

Tabel 5.80 Lengkung Hidrograf Saluran Lakarsantri 1 (142)

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,000
0,130864	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,044
0,294444	Qd <sub>1</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,013
0,539815	Qd <sub>2</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(0,5 T_{0,3}))/1,5 T_{0,3})}$	1,7E-04
1			3,9E-07
1,5			5,2E-10
2			6,9E-13
2,5			0,000
3	Qd <sub>3</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5 T_{0,3}))/2 T_{0,3})}$	0,000
3,5			0,000
4			0,000
4,5			0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) bisa dihitung dengan mengalihkan besar hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.81

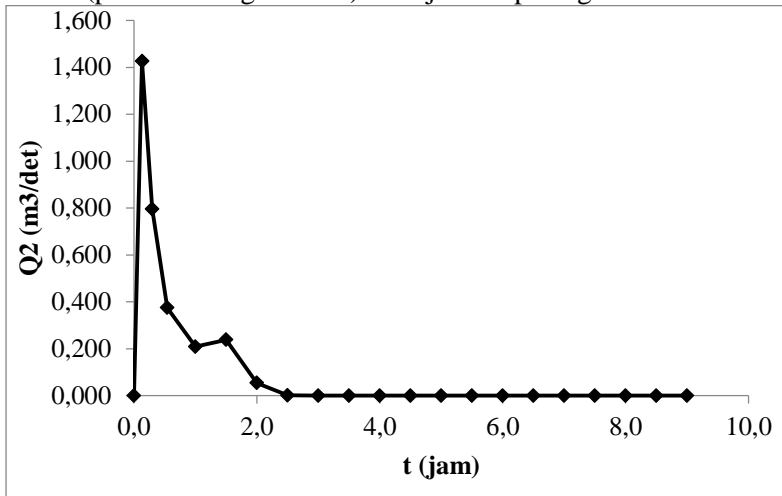
Tabel 5.81 Hidrograf Banjir Sal Lakarsantri 1 (142)

<b>t</b> <b>(jam)</b>	<b><math>Q_t</math></b> <b>(<math>\text{m}^3/\text{det}</math>)</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b><math>Q^2</math></b>
0,0	0,000	0,000					0,000
0,131	0,044	1,426	0,000				1,426
0,294	0,013	0,428	0,368	0,000			0,796
0,540	1,7E-04	0,006	0,110	0,258	0,000		0,374
1,0	3,9E-07	0,000	0,001	0,000	0,207	0,000	0,209
1,5	5,2E-10	0,000	0,000	0,000	0,062	0,175	0,238
2,0	6,9E-13	0,000	0,000	0,000	0,001	0,053	0,053
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Catatan: Untuk jam ke-10 sampai jam ke-24 nilainya “0”

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 2 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.18



Gambar 5.18 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Lakarsantri 2 Titik Kontrol 142 Periode Ulang 2 tahun

### 5.1.27 Debit Rencana Sal Galeria Golf 1 Titik Kontrol 115

Titik kontrol 115 saluran Galeria Golf 1 dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainase. Berikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif (Reff) pada periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier :

Diketahui :

$$C = 0,366$$

$$R_2 = 91,2 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$\text{Reff} = C \times R_2 = 0,366 \times 91,2 = 33,3792 \text{ mm}$$

Dimana :

$$\text{Reff} = \text{Tinggi hujan efektif (mm)}$$

$$R_2 = \text{Tinggi hujan rencana periode ulang 2 tahun (mm)}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran rata-rata}$$

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.82

Tabel 5.82 R efektif jam-jaman saluran Galeria Golf (115)

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 2 tahun
1	0.585	19.527
2	0.151	5.040
3	0.106	3.538
4	0.085	2.837
5	0.072	2.403

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran tersier Galeria Golf 115 menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

$$L = 0,826 \text{ km}$$

$$A = 0,0783 \text{ km}^2$$

$$C = 0,366$$

$$R_e = 1 \text{ mm/jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (karena untuk daerah pengaliran biasa)}$$

Penyelesaian :

1. Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg)  
dikarenakan  $L < 15 \text{ km}$ , maka :  
 $T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,826^{0,7} = 0,184$
2. Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  
 $tr = 0,75tg$   
 $Tr = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,184 = 0,137$
3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir  
 $T_p = T_g \cdot 0,8Tr = 0,184 + 0,8 \cdot 0,137 = 0,294$
4. Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )  
 $T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,184 = 0,367$
5. Debit puncak (Qp)  
 $Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_0) / (0,3T_p + T_{0,3}))$   
 $= 1/3,6 (0,0783 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,294 + 0,367) = 0,048 \text{ m}^3/\text{dt}$

Dimana :

L = panjang alur sungai (km)

T<sub>g</sub> = waktu konsentrasi (jam)

T<sub>r</sub> = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam

$\alpha$  = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,294$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,294 < t < 0,294 + 0,367 = 0,294 < t < 0,661$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,661 < t < 0,661 + 0,367 + 1,5 \cdot 0,367 = 0,661 < t < 1,21$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 1,31$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.83

Tabel 5.83 Lengkung Hidrograf Saluran Galeria Golf 115

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,0000
0,293917	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,0477
0,661314	Qd <sub>1</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,0197
1,212409	Qd <sub>2</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(0,5 T_{0,3})) / (1,5 T_{0,3})}$	2,1E-04
1,5			3,9E-05
2			2,2E-06
2,5			1,2E-07
3			6,7E-09
3,5	Qd <sub>3</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5 T_{0,3})) / (2 T_{0,3})}$	0,000
4			0,000
4,5			0,000
5			0,000

Sumber : Hasil Perhitungan



Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) bisa dihitung dengan mengalihkan besar hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.84

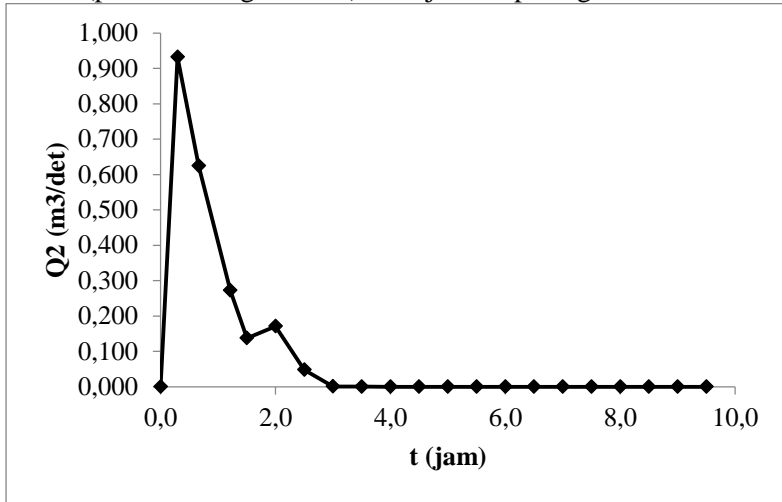
Tabel 5.84 Hidrograf Banjir Sal Galeria Golf (  $T=2\text{th}$  )

<b>t</b> <b>(jam)</b>	<b><math>Q_t</math></b> <b>(<math>\text{m}^3/\text{det}</math>)</b>	<b>R1</b> 19,527	<b>R2</b> 5,040	<b>R3</b> 3,538	<b>R4</b> 2,837	<b>R5</b> 2,403	<b>Q2</b>
0,0	0,000	0,000					0,000
0,294	0,048	0,932	0,000				0,932
0,661	0,020	0,384	0,241	0,000			0,625
1,212	2,1E-04	0,004	0,099	0,169	0,000		0,272
1,5	3,9E-05	0,001	0,001	0,000	0,135	0,000	0,137
2,0	2,2E-06	0,000	0,000	0,000	0,056	0,115	0,171
2,5	1,2E-07	0,000	0,000	0,000	0,001	0,047	0,048
3,0	6,7E-09	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Catatan: Untuk jam ke-10 sampai jam ke-24 nilainya “0”

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 2 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.19



Gambar 5.19 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Galeria Golf Titik Kontrol 115 Periode Ulang 2 tahun

#### 5.1.28 Debit Rencana Sal Galeria Golf 1 Titik Kontrol 105

Titik kontrol 105 saluran Galeria Golf 1 dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainase. Berikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif ( $R_{eff}$ ) pada periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier :

Diketahui :

$$C = 0,366$$

$$R_2 = 91,2 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$R_{eff} = C \times R_2 = 0,366 \times 91,2 = 33,3792 \text{ mm}$$

Dimana :

$$R_{eff} = \text{Tinggi hujan efektif (mm)}$$

$$R_2 = \text{Tinggi hujan rencana periode ulang 2 tahun (mm)}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran rata-rata}$$

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.85

Tabel 5.85R efektif jam-jaman saluran Galeria Golf (105)

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 5 tahun
1	0.585	19.527
2	0.151	5.040
3	0.106	3.538
4	0.085	2.837
5	0.072	2.403

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran tersier Galeria Golf 105  
menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

$$L = 0,59 \text{ km}$$

$$A = 0,1044 \text{ km}^2$$

$$C = 0,366$$

$$R_e = 1 \text{ mm/jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (karena untuk daerah pengaliran biasa)}$$

Penyelesaian :

1. Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg)  
dikarenakan  $L < 15 \text{ km}$ , maka :  
 $T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,59^{0,7} = 0,145$
2. Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  
 $tr = 0,75tg$   
 $Tr = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,145 = 0,109$
3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir  
 $T_p = T_g \cdot 0,8Tr = 0,145 + 0,8 \cdot 0,109 = 0,232$
4. Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )  
 $T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,145 = 0,29$
5. Debit puncak ( $Q_p$ )  
 $Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_0) / (0,3T_p + T_{0,3}))$   
 $= 1/3,6 (0,1044 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,232 + 0,29) = 0,08 \text{ m}^3/\text{dt}$

Dimana :

L = panjang alur sungai (km)

T<sub>g</sub> = waktu konsentrasi (jam)

T<sub>r</sub> = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam

$\alpha$  = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,232$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,232 < t < 0,232 + 0,29 = 0,232 < t < 0,5225$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,5225 < t < 0,232 + 0,29 + 1,5 \cdot 0,29 = 0,5225 < t < 0,96$$

Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 0,96$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.86

Tabel 5.86 Lengkung Hidrograf Saluran Galeria Golf 1 (105)

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,0000
0,232239	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,0805
0,522538	Qd <sub>1</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,0129
0,957987	Qd <sub>2</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(0,5 T_{0,3}))/ (1,5 T_{0,3})}$	5,8E-04
1			4,5E-04
1,5			1,8E-05
2			7,3E-07
2,5			3,0E-08
3	Qd <sub>3</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5 T_{0,3}))/ (2 T_{0,3})}$	1,2E-09
3,5			0,0000
4			0,0000
4,5			0,0000

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) bisa dihitung dengan mengalihkan besar hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.87

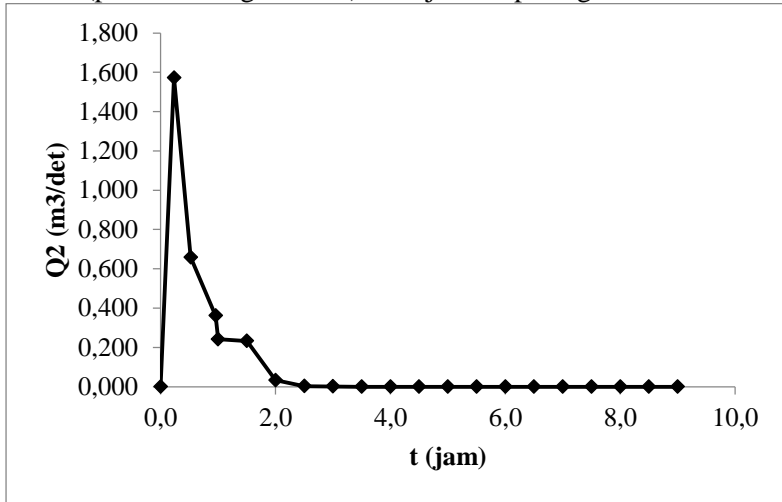
Tabel 5.87 Hidrograf Banjir Sal Galeria Golf 1 (105)

<b>t</b> <b>(jam)</b>	<b>Qt</b> <b>(<math>\text{m}^3/\text{det}</math>)</b>	<b>R1</b> 19,527	<b>R2</b> 5,040	<b>R3</b> 3,538	<b>R4</b> 2,837	<b>R5</b> 2,403	<b>Q2</b>
0,0	0,000	0,000					0,000
0,232	0,081	1,573	0,000				1,573
0,523	0,013	0,253	0,406	0,000			0,659
0,958	5,8E-04	0,011	0,065	0,285	0,000		0,362
1,0	4,5E-04	0,009	0,003	0,002	0,229	0,000	0,242
1,5	1,8E-05	0,000	0,002	0,000	0,037	0,194	0,233
2,0	7,3E-07	0,000	0,000	0,000	0,002	0,031	0,033
2,5	3,0E-08	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,003
3,0	1,2E-09	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Catatan: Untuk jam ke-9,5 sampai jam ke-24 nilainya “0”

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 2 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.20



Gambar 5.20 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Galeria Golf 1  
Titik Kontrol 105 Periode Ulang 2 tahun

#### 5.1.29 Debit Rencana SalGaleria Golf 2 Titik Kontrol 102

Titik kontrol 102 saluran Galeria Golf 2 dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainase. Berikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif ( $R_{eff}$ ) pada periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier:

Diketahui :

$$C = 0,525$$

$$R_2 = 91,2 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$R_{eff} = C \times R_2 = 0,525 \times 91,2 = 47,88 \text{ mm}$$

Dimana :

$$R_{eff} = \text{Tinggi hujan efektif (mm)}$$

$$R_2 = \text{Tinggi hujan rencana periode ulang 2 tahun (mm)}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran rata-rata}$$

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.88

Tabel 5.88R efektif jam-jaman saluran Galeria Golf(102)

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 2 tahun
1	0.585	28.010
2	0.151	7.230
3	0.106	5.075
4	0.085	4.070
5	0.072	3.447

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran tersier Galeria Golf menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

$$L = 0,14 \text{ km}$$

$$A = 0,0022 \text{ km}^2$$

$$C = 0,525$$

$$R_e = 1 \text{ mm/jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (karena untuk daerah pengaliran biasa)}$$

Penyelesaian :

1. Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg) dikarenakan  $L < 15 \text{ km}$ , maka :  

$$T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,14^{0,7} = 0,053$$
2. Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  $tr = 0,75tg$   

$$Tr = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,053 = 0,04$$
3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir  

$$T_p = T_g \cdot 0,8Tr = 0,053 + 0,8 \cdot 0,04 = 0,085$$
4. Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )  

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,053 = 0,106$$
5. Debit puncak ( $Q_p$ )  

$$Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_0) / (0,3T_p + T_{0,3}))$$

$$= 1/3,6 (0,0022 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,085 + 0,106) = 0,0046 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Dimana :

L = panjang alur sungai (km)

Tg = waktu konsentrasi (jam)

Tr = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam

$\alpha$  = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,085$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,085 < t < 0,085 + 0,106 = 0,085 < t < 0,191$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,191 < t < 0,085 + 0,106 + 1,5 \cdot 0,106 = 0,191 < t < 0,35$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 0,35$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.89

Tabel 5.89 Lengkung Hidrograf Saluran Galeria Golf 2 (102)

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,0000
0,084846	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,0046
0,190902	Qd <sub>1</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,0022
0,349988	Qd <sub>2</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(0,5 T_{0,3}))/1,5 T_{0,3}}$	1,9E-06
0,5			1,9E-08
1			3,4E-15
1,5			6,4E-22
2			0,000
2,5	Qd <sub>3</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5 T_{0,3}))/2 T_{0,3}}$	0,000
3			0,000
3,5			0,000
4			0,000

Sumber : Hasil Perhitungan



Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) bisa dihitung dengan mengalihkan besar hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.90

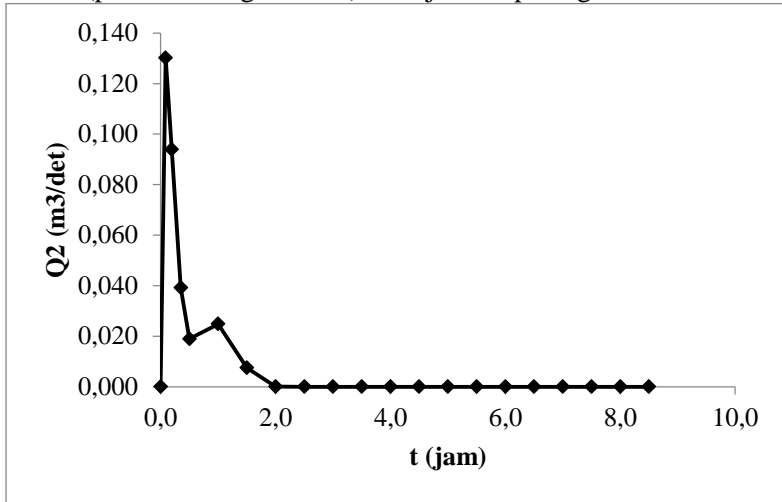
Tabel 5.90 Hidrograf Banjir Sal Galeria Golf 2 (102)

<b>t (jam)</b>	<b><math>Q_t</math> (<math>\text{m}^3/\text{det}</math>)</b>	<b>R1</b> 28,010	<b>R2</b> 7,230	<b>R3</b> 5,075	<b>R4</b> 4,070	<b>R5</b> 3,447	<b><math>Q_2</math></b>
0,0	0,000	0,000					0,000
0,085	0,005	0,130	0,000				0,130
0,191	0,002	0,060	0,034	0,000			0,094
0,350	1,9E-06	0,000	0,016	0,024	0,000		0,039
0,5	1,9E-08	0,000	0,000	0,000	0,019	0,000	0,019
1,0	3,4E-15	0,000	0,000	0,000	0,009	0,016	0,025
1,5	6,4E-22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,007
2,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Catatan: Untuk jam ke-10 sampai jam ke-24 nilainya “0”

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 2 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.21



Gambar 5.21 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Galeria Golf 2 Titik Kontrol 102 Periode Ulang 2 tahun

### 5.1.30 Debit Rencana Sal Citra Raya 1 Titik Kontrol 62

Titik kontrol 183 saluran BGI Utara dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainase. Berikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif ( $R_{eff}$ ) pada periode ulang 2 tahun untuk saluran tersier:

Diketahui :

$$C = 0,4995$$

$$R_2 = 91,2 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$R_{eff} = C \times R_2 = 0,4995 \times 91,2 = 45,55 \text{ mm}$$

Dimana :

$$R_{eff} = \text{Tinggi hujan efektif (mm)}$$

$$R_2 = \text{Tinggi hujan rencana periode ulang 2 tahun (mm)}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran rata-rata}$$

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.91

Tabel 5.91R efektif jam-jaman saluran Citra Raya 1 (62)

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 5 tahun
1	0.585	26.649
2	0.151	6.879
3	0.106	4.829
4	0.085	3.872
5	0.072	3.280

Sumber: Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran sekunder Citra Raya 1 menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

$$L = 0,11 \text{ km}$$

$$A = 0,0055 \text{ km}^2$$

$$C = 0,4995$$

$$R_e = 1 \text{ mm/jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (karena untuk daerah pengaliran biasa)}$$

Penyelesaian :

1. Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg)  
dikarenakan  $L < 15 \text{ km}$ , maka :  
 $T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,11^{0,7} = 0,045$
2. Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  
 $tr = 0,75tg$   
 $Tr = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,045 = 0,033$
3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir  
 $T_p = T_g \cdot 0,8Tr = 0,045 + 0,8 \cdot 0,033 = 0,072$
4. Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )  
 $T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,045 = 0,089$
5. Debit puncak (Qp)  
 $Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_0) / (0,3T_p + T_{0,3}))$   
 $= 1/3,6 (0,0055 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,072 + 0,089) = 0,013 \text{ m}^3/\text{dt}$

Dimana :

L = panjang alur sungai (km)

Tg = waktu konsentrasi (jam)

Tr = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam

$\alpha$  = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,072$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,072 < t < 0,072 + 0,089 = 0,072 < t < 0,161$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,161 < t < 0,072 + 0,089 + 1,5 \cdot 0,089 = 0,161 < t < 0,296$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 0,296$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.92

Tabel 5.92 Lengkung Hidrograf Saluran Citra Raya 1 (62)

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,000
0,071666	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,014
0,161249	Qd <sub>1</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,004
0,295623	Qd <sub>2</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(0,5 T_{0,3}))/ (1,5 T_{0,3})}$	1,7E-05
0,5			3,2E-08
1			7,1E-15
1,5			1,6E-21
2			0,000
2,5	Qd <sub>3</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5 T_{0,3}))/ (2 T_{0,3})}$	0,000
3			0,000
3,5			0,000
4			0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) bisa dihitung dengan mengalihkan besar hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.93

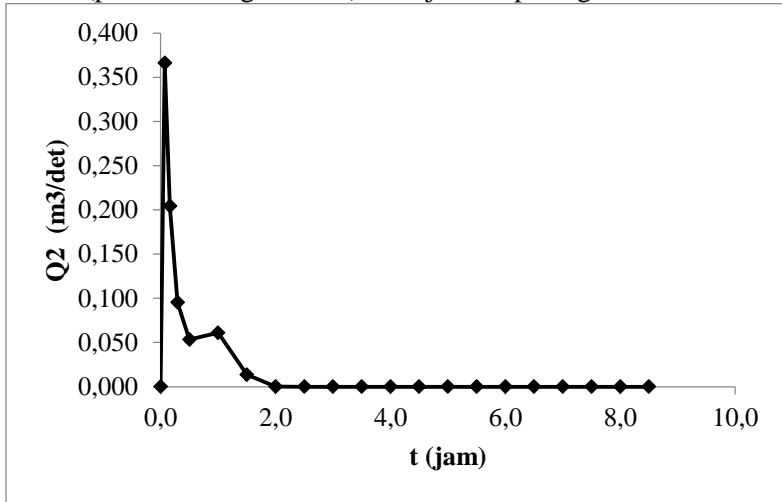
Tabel 5.93 Hidrograf Banjir Sal Citra Raya 1(62)

<b>t</b> <b>(jam)</b>	<b><math>Q_t</math></b> <b>(<math>\text{m}^3/\text{det}</math>)</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b><math>Q_2</math></b>
0,0	0,000	0,000					0,000
0,072	0,014	0,366	0,000				0,366
0,161	0,004	0,110	0,094	0,000			0,204
0,296	1,7E-05	0,000	0,028	0,066	0,000		0,095
0,5	3,2E-08	0,000	0,000	0,000	0,053	0,000	0,053
1,0	7,1E-15	0,000	0,000	0,000	0,016	0,045	0,061
1,5	1,6E-21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014	0,014
2,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Catatan: Untuk jam ke-10 sampai jam ke-24 nilainya “0”

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 2 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.22



Gambar 5.22 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Citra Raya 1 Titik Kontrol 62 Periode Ulang 2 Tahun

### 5.1.31 Debit Rencana SalCitra Raya 2Titik Kontrol 51

Titik kontrol 51 saluran Citra Raya 2 dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainaseBerikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif (Reff) pada periode ulang 5 tahun untuk saluran sekunder:

Diketahui :

$$C = 0,6485$$

$$R_5 = 107,15 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$\text{Reff} = C \times R_2 = 0,6485 \times 107,15 = 69,487 \text{ mm}$$

Dimana :

$$\text{Reff} = \text{Tinggi hujan efektif (mm)}$$

$$R_2 = \text{Tinggi hujan rencana periode ulang 2 tahun (mm)}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran rata-rata}$$

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.94

Tabel 5.94R efektif jam-jaman saluran Citra Raya 2 (51)

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 5 tahun
1	0,585	40,650
2	0,151	10,493
3	0,106	7,366
4	0,085	5,906
5	0,072	5,003

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran sekunder Citra Raya 2 menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

$$L = 0,225 \text{ km}$$

$$A = 0,01332 \text{ km}^2$$

$$C = 0,6485$$

$$R_e = 1 \text{ mm/jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (karena untuk daerah pengaliran biasa)}$$

Penyelesaian :

1. Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg) dikarenakan  $L < 15 \text{ km}$ , maka :

$$T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,225^{0,7} = 0,074$$

2. Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  $tr = 0,75tg$

$$T_r = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,074 = 0,055$$

3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir

$$T_p = T_g + 0,8T_r = 0,074 + 0,8 \cdot 0,055 = 0,118$$

4. Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,074 = 0,148$$

5. Debit puncak ( $Q_p$ )

$$Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_e) / (0,3T_p + T_{0,3})) \\ = 1/3,6 (0,0332 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,118 + 0,148) = 0,02 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Dimana :

- $L$  = panjang alur sungai (km)  
 $T_g$  = waktu konsentrasi (jam)  
 $T_r$  = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam  
 $\alpha$  = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,118$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,118 < t < 0,118 + 0,148 = 0,118 < t < 0,266$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,266 < t < 0,118 + 0,148 + 1,5 \cdot 0,118 = 0,266 < t < 0,487$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 0,487$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.95

Tabel 5.95 Lengkung Hidrograf Saluran Citra Raya 2

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,000
0,118268	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,020
0,266103	Qd <sub>1</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,006
0,487855	Qd <sub>2</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(0,5 T_{0,3}))/1,5 T_{0,3}}$	3,7E-05
0,5			3,0E-05
1			5,3E-09
1,5			9,4E-13
2			0,000
2,5	Qd <sub>3</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5 T_{0,3}))/2 T_{0,3}}$	0,000
3			0,000
3,5			0,000
4			0,000

Sumber : Hasil Perhitungan



Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) bisa dihitung dengan mengalihkan besar hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.96

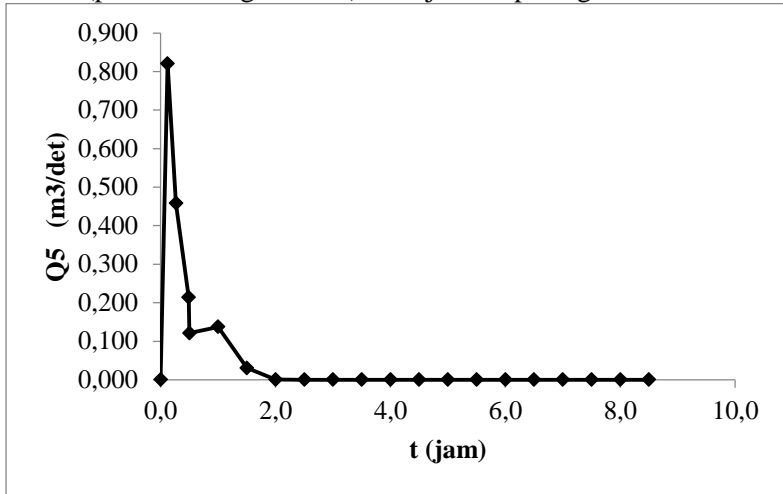
Tabel 5.96 Hidrograf Banjir Sal Citra Raya 2(51)

<b>t</b> <b>(jam)</b>	<b><math>Q_t</math></b> <b>(<math>\text{m}^3/\text{det}</math>)</b>	<b>R1</b> 40,650	<b>R2</b> 10,493	<b>R3</b> 7,366	<b>R4</b> 5,906	<b>R5</b> 5,003	<b><math>Q_2</math></b>
0,0	0,000	0,000					0,000
0,118	0,020	0,820	0,000				0,820
0,266	0,006	0,246	0,212	0,000			0,458
0,488	3,7E-05	0,001	0,064	0,149	0,000		0,214
0,5	3,0E-05	0,001	0,000	0,000	0,119	0,000	0,121
1,0	5,3E-09	0,000	0,000	0,000	0,036	0,101	0,137
1,5	9,4E-13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030	0,031
2,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Catatan: Untuk jam ke-9 sampai jam ke-24 nilainya “0”

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 5 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.23



Gambar 5.23 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Citra Raya 2 Titik Kontrol 51 Periode Ulang 5 Tahun

#### 5.1.32 Debit Rencana SalBukit Bali 1 Titik Kontrol 44

Titik kontrol 44 saluran Bukit Bali 1 dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainase. Berikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif (Reff) pada periode ulang 5 tahun untuk saluran sekunder:

Diketahui :

$$C = 0,5295$$

$$R_5 = 107,15 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$\text{Reff} = C \times R_2 = 0,5295 \times 107,15 = 56,736 \text{ mm}$$

Dimana :

$$\text{Reff} = \text{Tinggi hujan efektif (mm)}$$

$$R_2 = \text{Tinggi hujan rencana periode ulang 5 tahun (mm)}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran rata-rata}$$

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.97

Tabel 5.97R efektif jam-jaman saluran Bukit Bali 1 (44)

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 5 tahun
1	0,585	33,191
2	0,151	8,567
3	0,106	6,014
4	0,085	4,823
5	0,072	4,085

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran sekunder Bukit Bali 1 menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

$$L = 0,165 \text{ km}$$

$$A = 0,0122 \text{ km}^2$$

$$C = 0,5295$$

$$R_e = 1 \text{ mm/jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (karena untuk daerah pengaliran biasa)}$$

Penyelesaian :

1. Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg)  
dikarenakan  $L < 15 \text{ km}$ , maka :  
 $T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,165^{0,7} = 0,059$
2. Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  
 $tr = 0,75t_g$   
 $Tr = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,059 = 0,045$
3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir  
 $T_p = T_g + 0,8Tr = 0,059 + 0,8 \cdot 0,045 = 0,095$
4. Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )  
 $T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,059 = 0,12$
5. Debit puncak ( $Q_p$ )  
 $Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_e) / (0,3T_p + T_{0,3}))$   
 $= 1/3,6 (0,0122 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,095 + 0,12) = 0,023 \text{ m}^3/\text{dt}$

Dimana :

$L$  = panjang alur sungai (km)

$T_g$  = waktu konsentrasi (jam)

$T_r$  = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam

$\alpha$  = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,095$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,095 < t < 0,095 + 0,12 = 0,095 < t < 0,214$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,214 < t < 0,095 + 0,12 + 1,5 \cdot 0,12 = 0,214 < t < 0,393$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 0,393$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.98

Tabel 5.98 Lengkung Hidrograf Saluran Bukit Bali 1 (44)

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,000
0,095187	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,023
0,214171	Qd <sub>1</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,007
0,392647	Qd <sub>2</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(0,5 T_{0,3}))/1,5 T_{0,3}}$	4,7E-05
1			1,4E-10
1,5			4,1E-15
2			1,2E-19
2,5			0,000
3	Qd <sub>3</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5 T_{0,3}))/2 T_{0,3}}$	0,000
3,5			0,000
4			0,000
4,5			0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) bisa dihitung dengan mengalihkan besar hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.99

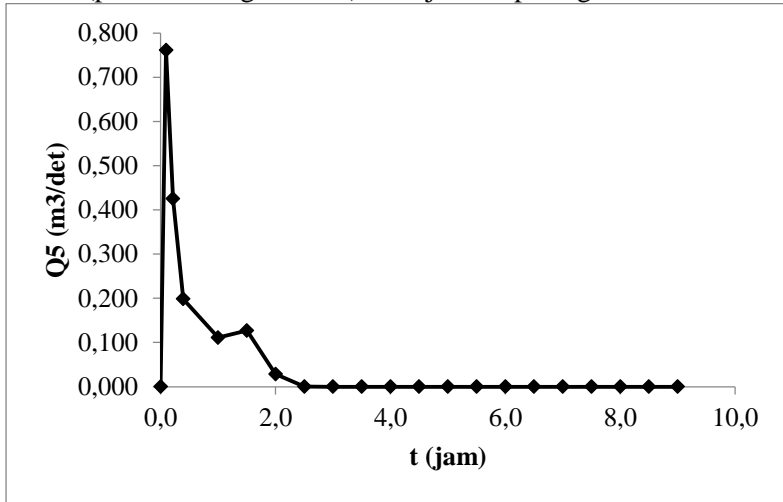
Tabel 5.99 Hidrograf Banjir Sal Bukit Bali 1(44)

<b>t</b> <b>(jam)</b>	<b><math>Q_t</math></b> <b>(<math>\text{m}^3/\text{det}</math>)</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b><math>Q^5</math></b>
0,0	0,000	0,000					0,000
0,095	0,023	0,761	0,000				0,761
0,214	0,007	0,228	0,196	0,000			0,425
0,393	4,7E-05	0,002	0,059	0,138	0,000		0,198
1,0	1,4E-10	0,000	0,000	0,000	0,111	0,000	0,111
1,5	4,1E-15	0,000	0,000	0,000	0,033	0,094	0,127
2,0	1,2E-19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,028	0,028
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Catatan: Untuk jam ke-10 sampai jam ke-24 nilainya “0”

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 5 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.24



Gambar 5.24 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Bukit Bali 1 Titik Kontrol 44 Periode Ulang 5 Tahun

### 5.1.33 Debit Rencana Sal Bukit Bali 2 Titik Kontrol 33

Titik kontrol 33 saluran Bukit Bali 2 dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainase. Berikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif ( $R_{eff}$ ) pada periode ulang 5 tahun untuk saluran sekunder:

Diketahui :

$$C = 0,5295$$

$$R_5 = 107,15 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$R_{eff} = C \times R_2 = 0,5295 \times 91,2 = 56,736 \text{ mm}$$

Dimana :

$$R_{eff} = \text{Tinggi hujan efektif (mm)}$$

$$R_2 = \text{Tinggi hujan rencana periode ulang 5 tahun (mm)}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran rata-rata}$$

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.100

Tabel 5.100R efektif jam-jaman saluran Bukit Bali 2 (33)

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 5 tahun
1	0,585	33,191
2	0,151	8,567
3	0,106	6,014
4	0,085	4,823
5	0,072	4,085

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran sekunder Bukit Bali 2 menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu.

Diketahui :

$$L = 0,15 \text{ km}$$

$$A = 0,014 \text{ km}^2$$

$$C = 0,5295$$

$$R_e = 1 \text{ mm/jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (karena untuk daerah pengaliran biasa)}$$

Penyelesaian :

1. Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg) dikarenakan  $L < 15 \text{ km}$ , maka :  

$$T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,15^{0,7} = 0,056$$
2. Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  $tr = 0,75tg$   

$$Tr = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,056 = 0,0417$$
3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir  

$$T_p = T_g \cdot 0,8 + Tr = 0,056 + 0,8 \cdot 0,0417 = 0,089$$
4. Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )  

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,056 = 0,111$$
5. Debit puncak ( $Q_p$ )  

$$Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_e) / (0,3T_p + T_{0,3}))$$

$$= 1/3,6 (0,014 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,089 + 0,111) = 0,028 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Dimana :

L = panjang alur sungai (km)

Tg = waktu konsentrasi (jam)

Tr = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam

$\alpha$  = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,089$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,089 < t < 0,089 + 0,111 = 0,127 < t < 0,2$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,2 < t < 0,089 + 0,111 + 1,5 \cdot 0,111 = 0,286 < t < 0,367$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 0,367$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.101

Tabel 5.101 Lengkung Hidrograf Saluran ukit Bali 2 (33)

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,000
0,089044	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,028
0,200348	Qd <sub>1</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,008
0,367305	Qd <sub>2</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(0,5 T_{0,3}))/ (1,5 T_{0,3})}$	7,2E-05
1			9,3E-11
1,5			2,1E-15
2			4,6E-20
2,5	Qd <sub>3</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5 T_{0,3}))/ (2 T_{0,3})}$	0,000
3			0,000
3,5			0,000
4			0,000
4,5			0,000

Sumber : Hasil Perhitungan



Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) bisa dihitung dengan mengalihkan besar hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.102

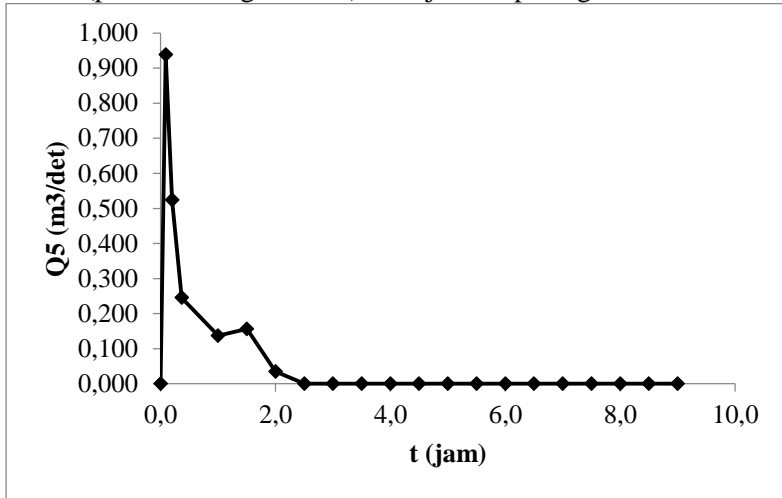
Tabel 5.102 Hidrograf Banjir Sal Bukit Bali 2(33)

<b>t</b> <b>(jam)</b>	<b><math>Q_t</math></b> <b>(<math>\text{m}^3/\text{det}</math>)</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R4</b>	<b>R5</b>	<b><math>Q_5</math></b>
0,0	0,000	0,000					0,000
0,089	0,028	0,938	0,000				0,938
0,200	0,008	0,281	0,242	0,000			0,523
0,367	0,000	0,002	0,073	0,170	0,000		0,245
1,0	0,000	0,000	0,001	0,000	0,136	0,000	0,137
1,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,041	0,115	0,156
2,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,035	0,035
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Catatan: Untuk jam ke-10 sampai jam ke-24 nilainya “0”

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 5 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.25



Gambar 5.25 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Bukit Bali 1 Titik Kontrol 33 Periode Ulang 5 Tahun

#### 5.1.34 Debit Rencana SalBlok N Titik Kontrol 23

Titik kontrol 23 saluran Blok N dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainase. Berikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif ( $R_{eff}$ ) pada periode ulang 5 tahun untuk saluran sekunder:

Diketahui :

$$C = 0,483$$

$$R_5 = 107,15 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$R_{eff} = C \times R_2 = 0,483 \times 107,15 = 51,75 \text{ mm}$$

Dimana :

$$R_{eff} = \text{Tinggi hujan efektif (mm)}$$

$$R_2 = \text{Tinggi hujan rencana periode ulang 5 tahun (mm)}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran rata-rata}$$

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.103

Tabel 5.103R efektif jam-jaman saluran Blok N (23)

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 5 tahun
1	0,585	30,276
2	0,151	7,815
3	0,106	5,486
4	0,085	4,399
5	0,072	3,726

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran sekunder Blok N menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

$$L = 0,196 \text{ km}$$

$$A = 0,0145 \text{ km}^2$$

$$C = 0,483$$

$$R_e = 1 \text{ mm/jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (karena untuk daerah pengaliran biasa)}$$

Penyelesaian :

1. Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg) dikarenakan  $L < 15 \text{ km}$ , maka :  

$$T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,196 \cdot 0,^{0,7} = 0,067$$
2. Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  $tr = 0,75tg$   

$$Tr = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,067 = 0,05$$
3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir  

$$T_p = T_g \cdot 0,8 + Tr = 0,067 + 0,8 \cdot 0,05 = 0,107$$
4. Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )  

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,067 = 0,134$$
5. Debit puncak ( $Q_p$ )  

$$Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_e) / (0,3T_p + T_{0,3}))$$

$$= 1/3,6 (0,0145 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,107 + 0,134) = 0,024 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Dimana :

L = panjang alur sungai (km)

Tg = waktu konsentrasi (jam)

Tr = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam

$\alpha$  = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,107$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,107 < t < 0,107 + 0,134 = 0,137 < t < 0,242$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,242 < t < 0,107 + 0,134 + 1,5 \cdot 0,134 = 0,242 < t < 0,443$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 0,443$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.104

Tabel 5.104 Lengkung Hidrograf Saluran Blok N (23)

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,0000
0,107379	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,0242
0,241602	Qd <sub>1</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,0033
0,442938	Qd <sub>2</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(0,5 T_{0,3}))/ (1,5 T_{0,3})}$	5,3E-05
0,5			1,9E-05
1			1,9E-09
1,5			2,0E-13
2			0,000
2,5	Qd <sub>3</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5 T_{0,3}))/ (2 T_{0,3})}$	0,000
3			0,000
3,5			0,000
4			0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) bisa dihitung dengan mengalihkan besar hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.105

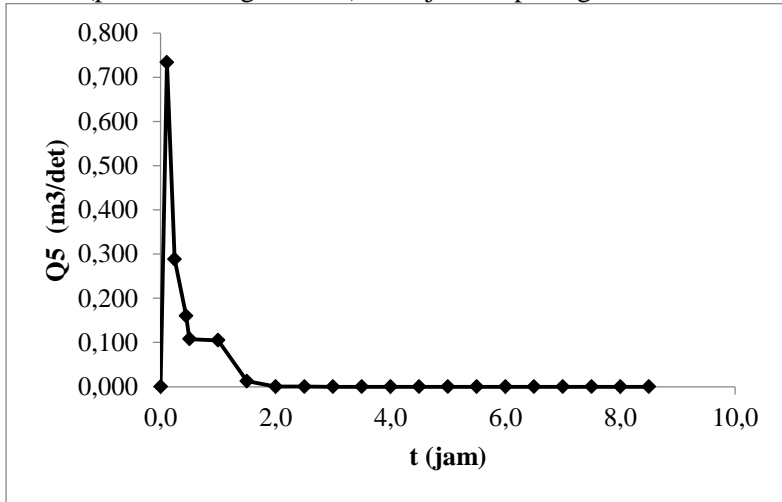
Tabel 5.105 Hidrograf Banjir Sal Blok N (23)

t (jam)	$Q_t$ ( $\text{m}^3/\text{det}$ )	R1 30,276	R2 7,815	R3 5,486	R4 4,399	R5 3,726	Q5
0,0	0,000	0,000					0,000
0,107	0,024	0,734	0,000				0,734
0,242	0,003	0,099	0,189	0,000			0,288
0,443	5,3E-05	0,002	0,026	0,133	0,000		0,160
0,5	1,9E-05	0,001	0,000	0,000	0,107	0,000	0,108
1,0	1,9E-09	0,000	0,000	0,000	0,014	0,090	0,105
1,5	2,0E-13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,012
2,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Catatan: Untuk jam ke-10 sampai jam ke-24 nilainya “0”

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 2 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.26



Gambar 5.26 Hidrograf Banjir Outlet Saluran Blok NTitik Kontrol 23 Periode Ulang 5 Tahun

### 5.1.35 Debit Rencana SalBanjarmelati Titik Kontrol 13

Titik kontrol 13 saluran Banjarmelati dapat dilihat di lampiran gambar skema jaringan drainaseBerikut ini adalah perhitungan tinggi hujan efektif (Reff) pada periode ulang 5 tahun untuk saluran sekunder:

Diketahui :

$$C = 0,537$$

$$R_5 = 107,15 \text{ mm}$$

Penyelesaian :

$$\text{Reff} = C \times R_2 = 0,537 \times 107,15 = 57,54 \text{ mm}$$

Dimana :

$$\text{Reff} = \text{Tinggi hujan efektif (mm)}$$

$$R_5 = \text{Tinggi hujan rencana periode ulang 5 tahun (mm)}$$

$$C = \text{Koefisien pengaliran rata-rata}$$

Perhitungan distribusi tinggi curah hujan rencana efektif jam-jaman dapat dilihat pada tabel 5.106

Tabel 5.106 R efektif jam-jaman saluran Banjarmelati (13)

Waktu hujan (jam)	Rasio (Rt) %	Hujan jam-jaman 5 tahun
1	0.585	33.661
2	0.151	8.688
3	0.106	6.099
4	0.085	4.891
5	0.072	4.143

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan :

Debit rencana pada saluran sekunder Banjarmelati menggunakan metode hidrograf satuan sintesis nakayasu

Diketahui :

$$L = 0,16 \text{ km}$$

$$A = 0,0184 \text{ km}^2$$

$$C = 0,537$$

$$R_e = 1 \text{ mm/jam}$$

$$\alpha = 2 \text{ (karena untuk daerah pengaliran biasa)}$$

Penyelesaian :

1. Tenggang waktu antara mulai hujan sampai debit puncak (tg) dikarenakan  $L < 15 \text{ km}$ , maka :  

$$T_g = 0,21 \cdot L^{0,7} = 0,21 \cdot 0,16^{0,7} = 0,058$$
2. Satuan waktu hujan (tr) karena  $0 < tr < 1$ , maka diasumsikan  $tr = 0,75tg$   

$$Tr = 0,75 \cdot T_g = 0,75 \cdot 0,058 = 0,043$$
3. Waktu awal hujan sampai puncak banjir  

$$T_p = T_g \cdot 0,8 + Tr = 0,058 + 0,8 \cdot 0,043 = 0,093$$
4. Penurunan debit puncak menjadi 30 % ( $T_{0,3}$ )  

$$T_{0,3} = \alpha \cdot T_g = 2 \cdot 0,058 = 0,116$$
5. Debit puncak ( $Q_p$ )  

$$Q_p = (1/3,6) \times ((A \cdot R_e) / (0,3T_p + T_{0,3}))$$

$$= 1/3,6 (0,0184 \cdot 1) / (0,3 \cdot 0,093 + 0,116) = 0,035 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Dimana :

L = panjang alur sungai (km)

Tg = waktu konsentrasi (jam)

Tr = satuan waktu hujan diambil 0,25 jam

$\alpha$  = untuk daerah pengaliran biasa diambil nilai 2

Syarat untuk persamaan lengkung hidrograf Nakayasu :

- Untuk lengkung naik :

$$0 < t < T_p = 0 < t < 0,093$$

- Untuk lengkung turun tahap I :

$$T_p < t < T_p + T_{0,3}$$

$$0,093 < t < 0,093 + 0,116 = 0,093 < t < 0,209$$

- Untuk lengkung turun tahap II :

$$T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3}$$

$$0,209 < t < 0,093 + 0,116 + 1,5 \cdot 0,116 = 0,31 < t < 0,384$$

- Untuk lengkung turun tahap III :

$$t > T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3} = t > 0,384$$

Perhitungan lengkung hidrograf bisa dilihat pada tabel 5.107

Tabel 5.107 Lengkung Hidrograf Saluran Banjarmelati (13)

t (jam)	Notasi	Persamaan	Qt (m <sup>3</sup> /det)
0	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,0000
0,093159	Qd <sub>0</sub>	$Q_p \times (t/T_p)^{2,4}$	0,0354
0,209607	Qd <sub>1</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)/T_{0,3})}$	0,0025
0,38428	Qd <sub>2</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(0,5 T_{0,3}))/1,5 T_{0,3}}$	1,1E-04
0,5			1,2E-05
1			6,9E-10
1,5			4,0E-14
2	Qd <sub>3</sub>	$Q_p \times 0,3^{((t-T_p)+(1,5 T_{0,3}))/2 T_{0,3}}$	2,3E-18
2,5			0,000
3			0,000
3,5			0,000
4			0,000

Sumber : Hasil Perhitungan



Setelah didapatkan hidrograf satuannya, besar hidrograf banjir  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) bisa dihitung dengan mengalihkan besar hidrograf satuan metode nakayasu  $Q_t$  ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.108

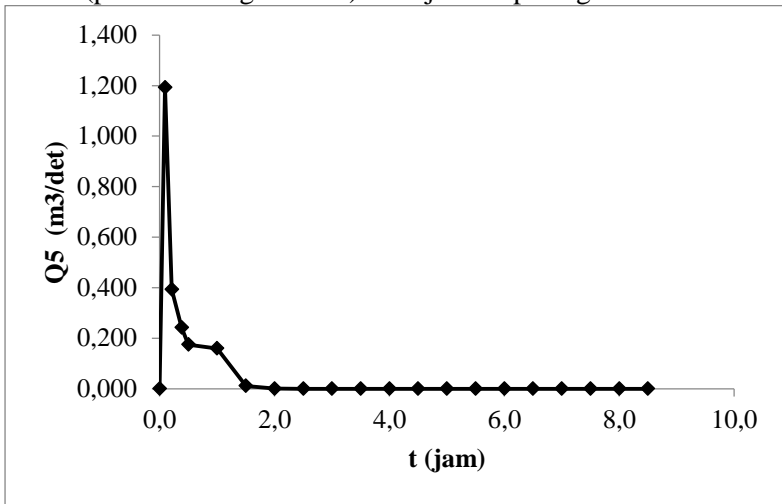
Tabel 5.108 Hidrograf Banjir Sal Banjarmelati(13)

<b>t</b> <b>(jam)</b>	<b><math>Q_t</math></b> <b>(<math>\text{m}^3/\text{det}</math>)</b>	<b>R1</b> 33,661	<b>R2</b> 8,688	<b>R3</b> 6,099	<b>R4</b> 4,891	<b>R5</b> 4,143	<b><math>Q_5</math></b>
0,0	0,000	0,000					0,000
0,093	0,035	1,193	0,000				1,193
0,210	0,003	0,086	0,308	0,000			0,393
0,384	1,1E-04	0,004	0,022	0,216	0,000		0,242
0,5	1,2E-05	0,000	0,001	0,000	0,173	0,000	0,175
1,0	6,9E-10	0,000	0,000	0,000	0,012	0,147	0,159
1,5	4,0E-14	0,000	0,000	0,000	0,001	0,011	0,011
2,0	2,3E-18	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
2,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Sumber : Hasil Perhitungan

Catatan: Untuk jam ke-10 sampai jam ke-24 nilainya “0”

Gambar hubungan antara debit banjir metode nakayasu dengan waktu (periode ulang 2 tahun) ditunjukkan pada gambar 5.27



Gambar 5.27 Hidrograf Banjir Outlet Saluran BanjarmelatiTitik Kontrol 13 Periode Ulang 5Tahun

## 5.2 ANALISA HIDROLIKA

### 5.2.1 Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting

Contoh untuk perhitungan kapasitas saluran eksisting tersier BGI Utara dengan data sebagai berikut:

Bentuk penampang	: Lingkaran
Bahan Saluran	: Beton ( $n=0,017$ )
$n$ (Koefisien manning)	: 0,017 (Tabel 2.3)
$L$ (Panjang saluran)	: 1185m
$\Delta H$ (Selisih elevasi)	: 3,17 m
$I$ (Kemiringan saluran)	: $(\Delta H/L) = 0,0028$
$D$ (Diameter pipa)	: 1,5m
$d$ (Tinggi aliran)	: $0,9D = 90\%D$
$A$ (Luas penampang basah)	: $1,6752\text{m}^2$ ( <i>autocad</i> )
$P$ (Keliling penampang basah)	: 4,65m ( <i>autocad</i> )
$R$ (Jari-jari hidrolis)	: $A/P = 1,6752 / 4,65 = 0,360\text{m}$
$V$ (Kecepatan aliran)	: $(1/0,02) 0,360^{2/3} \cdot 0,0028^{1/2}$ = 1,3385 m/s
$Q_{fb}$ (Debit <i>fullbank capacity</i> )	: $V \cdot A = 1,34 \cdot 1,6752 = 2,242\text{m}^3/\text{s}$

Untuk perhitungan kapasitas saluran yang lainnya dijelaskan pada tabel 5.109

Tabel 5.109 Hasil Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting

Nama Saluran	Bahan Saluran	n	L (m)	$\Delta H$ (m)	I	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	V (m/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)
BGI Utara	Pipa Beton	0,02	1135	3,170	0,0028	1,6752	4,65	0,360	1,3385	2,242
BGI Selatan 1	Pipa Beton	0,02	150	0,365	0,0024	1,6752	4,65	0,360	1,2493	2,093
Sumerset Utara	Pipa Beton	0,02	180	0,450	0,0025	1,6752	4,65	0,360	1,2663	2,121
BGI Selatan 2	Pipa Beton	0,02	453	1,990	0,0044	1,6752	4,65	0,360	1,6779	2,811
Citra Raya 1	Pipa Beton	0,02	110	0,300	0,0027	2,9781	6,20	0,481	1,6022	4,771
Golf Citraland	Pipa Beton	0,02	1430	3,500	0,0024	2,9781	6,20	0,481	1,5178	4,520
Sumerset Selatan	Pipa Beton	0,02	580	1,050	0,0018	2,9781	6,20	0,481	1,3053	3,887
Lakarsantri 1	Pipa Beton	0,02	235	0,370	0,0016	2,9781	6,20	0,481	1,2173	3,625
Galeria Golf 1	Box Culvert	0,02	1180	1,930	0,0016	4	8,00	0,500	1,2739	5,095
Galeria Golf 2	Batu pecah	0,0183	140	0,070	0,0005	13,7912	14,95	0,922	1,1579	15,969
Citra Raya 2	Batu pecah	0,0183	225	0,4	0,0016	10,1525	12,77	0,795	0,679	9,935
Bukit Bali 1	Box Culvert	0,02	264	0,48	0,001818	16	16	1	0,7448	11,9174
Bukit Bali 2	Batu pecah	0,0183	250	0,28	0,00112	28,716	21,32	1,3469	0,684	19,6405
Lakarsantri 2	Pipa Beton	0,02	220	0,4	0,001818	2,978092	6,1962	0,4806	1,3082	3,89585
Blok N	Batu pecah	0,0183	280	0,35	0,00125	31,6876	22,35	1,4178	0,755	23,9249
Banjarmelati	Batu pecah	0,0183	160	0,23	0,00125	31,6876	22,35	1,4178	0,755	23,9249

*Sumber : Hasil Perhiungan*

### 5.2.2 Perbandingan Kapasitas Saluran dengan Debit Rencana

Perhitungan perbandingan kapasitas saluran dengan debit rencana periode ulang 2 tahun dapat dilihat pada tabel 5.110

Tabel 5.110 Perbandingan Qkapasitas dan Qrencana(T=2th)

Nama Saluran	Titik Kontrol	Qr sal (m3/det)	Qr (m3/det)	Qkap (m3/det)	Selisih (m3/det)	Ket
BGI Utara 5	187	0,51	0,51	2,242	1,736	AMAN
BGI Utara 4	183	0,53	1,04	2,242	1,204	AMAN
BGI Utara 3	177	0,81	1,84	2,242	0,398	AMAN
BGI Utara 2	173	0,94	2,79	2,242	-0,548	<b>BANJIR</b>
BGI Utara 1	171	0,87	3,66	2,242	-1,418	<b>BANJIR</b>
BGI Selatan 1	93	0,26	0,26	2,093	1,834	AMAN
Sumerset Utara 2	193	0,35	0,35	2,121	1,77	AMAN
Sumerset Utara 1	191	0,39	0,75	2,121	1,376	AMAN
BGI Selatan 2 B	76	0,37	1,37	2,811	1,438	AMAN
BGI Selatan 2 A	74	0,53	1,9	2,811	0,91	AMAN
Citra Raya 1	64		5,56	4,77	-0,79	<b>BANJIR</b>
Citra Raya 1	62	0,37	5,93	4,77	-1,16	<b>BANJIR</b>
Golf Citraland 2	132	0,53	1,06	4,52	3,46	AMAN
Golf Citraland 1	124	0,80	1,86	4,52	2,662	AMAN
Sumerset Selatan	160	0,47	0,47	3,887	3,416	AMAN
Sumerset Selatan	153	0,67	1,14	3,625	2,481	AMAN
Lakarsantri 1	145	0,46	1,61	3,625	2,018	AMAN
Lakarsantri 2	142	1,43	3,03	3,896	0,863	AMAN
Galeria Golf 1 B	115	0,93	0,93	5,095	4,163	AMAN
Galeria Golf 1 A	105	1,57	2,5	5,095	2,591	AMAN
Galeria Golf 2	102	0,13	2,64	15,969	13,334	AMAN

Tabel 5.110 Perbandingan Qkapasitas dan Qrencana (T=2th)  
(Lanjutan)

Nama Saluran	Titik Kontrol	Qr sal (m3/det)	Qr (m3/det)	Qkap (m3/det)	Selisih (m3/det)	Ket
Citra Raya 2	51	0,70	6,63	9,935	0,265	AMAN
Bukit Bali 1	46		7,95	11,917	3,963	AMAN
Bukit Bali 1	44	0,65	8,6	11,917	3,315	AMAN
Bukit Bali 2	33	0,80	9,4	19,641	10,24	AMAN
Blok N	26		12,43	23,925	11,492	AMAN
Blok N	23	0,62	16,09	23,925	7,834	AMAN
Banjarmelati	101		18,73	23,925	5,199	AMAN
Banjarmelati	13	1,02	19,74	23,925	4,184	AMAN

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Tabel 5.111 Perbandingan Qkapasitas dan Qrencana (T=5th)

Nama Saluran	Titik Kontrol	Qr sal (m3/det)	Qr (m3/det)	Qkap (m3/det)	Selisih (m3/det)	Ket
BGI Utara 5	187	0,60	0,60	2,242	1,647	AMAN
BGI Utara 4	183	0,62	1,22	2,242	1,022	AMAN
BGI Utara 3	177	0,95	2,17	2,242	0,075	AMAN
BGI Utara 2	173	1,11	3,27	2,242	-1,032	<b>BANJIR</b>
BGI Utara 1	171	1,03	4,30	2,242	-2,059	<b>BANJIR</b>
BGI Selatan 1	93	0,30	0,30	2,093	1,788	AMAN
Sumerset Utara 2	193	0,41	0,41	2,121	1,708	AMAN
Sumerset Utara 1	191	0,46	0,88	2,121	1,246	AMAN
BGI Selatan 2 B	76	0,43	1,61	2,811	1,197	AMAN
BGI Selatan 2 A	74	0,62	2,23	2,811	0,578	AMAN
Citra Raya 1	64		6,53	4,771	-1,763	<b>BANJIR</b>
Citra Raya 1	62	0,43	6,96	4,771	-2,193	<b>BANJIR</b>

Tabel 5.111 Perbandingan Qkapasitas dan Qrencana (T=5th)  
(Lanjutan)

Nama Saluran	Titik Kontrol	Qr sal (m3/det)	Qr (m3/det)	Qkap (m3/det)	Selisih (m3/det)	Ket
Golf Citraland 2	132	0,62	0,62	4,520	3,897	AMAN
Golf Citraland 1	124	0,94	1,56	4,520	2,960	AMAN
Sumerset Selatan	160	0,55	0,55	3,887	3,333	AMAN
Sumerset Selatan	153	0,79	1,34	3,625	2,281	AMAN
Lakarsantri 1	145	0,54	1,89	3,625	1,737	AMAN
Lakarsantri 2	142	1,68	3,56	3,896	0,333	AMAN
Galeria Golf 1 B	115	1,10	1,10	5,095	4,000	AMAN
Galeria Golf 1 A	105	1,85	2,94	5,095	2,152	AMAN
Galeria Golf 2	102	0,15	3,10	15,969	12,873	AMAN
Citra Raya 2	51	0,82	9,35	9,935	0,589	AMAN
Bukit Bali 1	46		10,91	11,917	1,012	AMAN
Bukit Bali 1	44	0,76	11,67	11,917	0,251	AMAN
Bukit Bali 2	33	0,94	12,60	19,641	7,036	AMAN
Blok N	26		16,17	23,925	7,757	AMAN
Blok N	23	0,73	16,90	23,925	7,023	AMAN
Banjarmelati	101		20,00	23,925	3,927	AMAN
Banjarmelati	13	1,19	21,19	23,925	2,735	AMAN

*Sumber : Hasil Perhitungan*

### **5.3 ALTERNATIF PENGENDALIAN BANJIR**

Dalam tugas akhir terapan ini memberikan 2 alternatif perencanaan pengendalian banjir terdiri dari normalisasi saluran yang meluap dengan cara memperluas penampang saluran eksisting dan mefungsikan boezem yang telah ada dengan membuat saluran baru yang menghubungkan saluran eksisting ke boezem/tampungan air sementara.

#### **5.3.1 Alternatif Normalisasi Saluran BGI Utara dan Citra Raya 1**

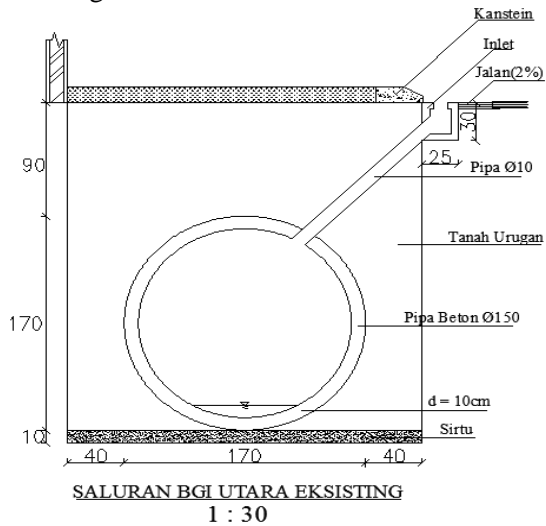
Berdasarkan analisa perbandingan kapasitas saluran eksisting dengan debit rencana metode nakayasu menyatakan saluran BGI Utara titik kontrol 173 dan 171 serta saluran Citra Raya 1 titik kontrol 62 meluap/banjir. Maka perlu dilakukan alternatif pengendalian banjir, salah satunya adalah dengan menormalisasi saluran atau memperluas penampang saluran eksisting.

##### **5.3.1.1 Alternatif Normalisasi Saluran BGI Utara Titik Kontrol 173 dan 171**

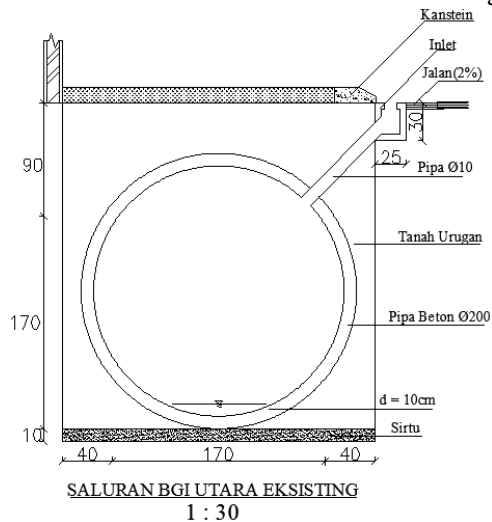
Saluran BGI Utara eksisting titik kontrol 173 dan 171 berpenampang lingkaran berbahan dasar pipa beton dengan diameter 1,5m. Panjang saluran di titik kontrol 173 adalah 267m, sedangkan panjang saluran di titik kontrol 171 adalah 133,5m. Debit rencana di saluran tersier BGI Utara titik kontrol 173 adalah  $2,79 \text{ m}^3/\text{det}$ , sedangkan debit rencana untuk titik kontrol 171 adalah 3,66. Kapasitas saluran eksisting BGI Utara adalah  $2,242 \text{ m}^3/\text{det}$ . Maka saluran BGI Utara mengalami *overload*/meluap. Jika dilakukan normalisasi dengan saluran rencana berbahan dasar pipa beton berdiameter 2m, maka menghasilkan kapasitas saluran rencana adalah  $4,829 \text{ m}^3/\text{det}$  dan bisa dipastikan tidak meluap lagi dengan periode ulang 2tahun.



Gambar saluran eksisting dan saluran rencana dapat dilihat pada gambar 5.28 dan gambar 5.29



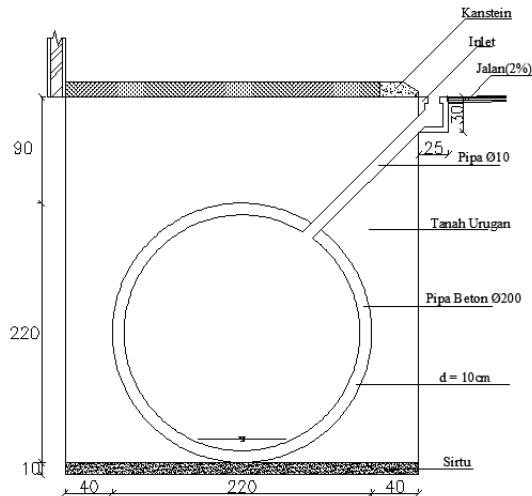
Gambar 5.28 Saluran BGI Utara Eksisting



Gambar 5.29 Saluran BGI Utara Rencana Normalisasi

### 5.3.1.2 Alternatif Normalisasi Saluran Citra Raya 1

Saluran eksisting Citra Raya 1 titik kontrol 62 berpenampang lingkaran berbahan dasar pipa beton dengan diameter 2m. Panjang saluran di titik kontrol 62 adalah 110m. Debit rencana di saluran sekunder Citra Raya 1 titik kontrol 62 adalah  $6,96 \text{ m}^3/\text{det}$ . Kapasitas saluran eksisting Citra Raya 1 adalah  $4,52 \text{ m}^3/\text{det}$ . Maka saluran Citra Raya 1 mengalami *overload*/meluap. Jika dilakukan normalisasi dengan saluran rencana berbahan box culvert uk.  $2,5\text{m} \times 2,5\text{m}$ . Tetapi untuk pelaksanaan dilapangan menggunakan 2 U-ditch dengan uk.  $1,25\text{m} \times 2,5\text{m}$ , maka menghasilkan kapasitas saluran rencana adalah  $10,89\text{m}^3/\text{det}$  dan bisa dipastikan tidak meluap lagi dengan periode ulang 5tahun karena termasuk saluran sekunder. Gambar saluran eksisting dan saluran rencana dapat dilihat pada gambar 5.30 dan gambar 5.31



Gambar 5.30 Saluran Citra Raya 1 Eksisting



### 5.3.1.3 Kapasitas Saluran Rencana Alternatif Normalisasi

Kapasitas saluran rencana yang telah dinormalisasi dapat dilihat pada tabel 5.112

Tabel 5.112 Kapasitas Saluran Rencana Alternatif Normalisasi

Nama Saluran	Bahan Saluran	n	L (m)	$\Delta H$ (m)	I	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	V (m/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)
BGI Utara	Pipa Beton	0,02	1135	3,170	0,0028	2,9781	6,20	0,481	1,6215	4,829
BGI Selatan 1	Pipa Beton	0,02	150	0,365	0,0024	1,6752	4,65	0,360	1,2493	2,093
Sumerset Utara	Pipa Beton	0,02	180	0,450	0,0025	1,6752	4,65	0,360	1,2663	2,121
BGI Selatan 2	Pipa Beton	0,02	453	1,990	0,0044	1,6752	4,65	0,360	1,6779	2,811
Citra Raya 1	Pipa Beton	0,02	110	0,300	0,0027	6,2500	10,00	0,625	1,9088	11,930
Golf Citraland	Pipa Beton	0,02	1430	3,500	0,0024	2,9781	6,20	0,481	1,5178	4,520
Sumerset Selatan	Pipa Beton	0,02	580	1,050	0,0018	2,9781	6,20	0,481	1,3053	3,887
Lakarsantri 1	Pipa Beton	0,02	235	0,370	0,0016	2,9781	6,20	0,481	1,2173	3,625
Galeria Golf 1	Box Culvert	0,02	1180	1,930	0,0016	4	8,00	0,500	1,2739	5,095
Galeria Golf 2	Batu pecah	0,0183	140	0,070	0,0005	13,7912	14,95	0,922	1,1579	15,969
Citra Raya 2	Batu pecah	0,0183	130	0,4	0,0028	10,1525	12,77	0,795	0,979	9,935
Bukit Bali 1	Box Culvert	0,02	264	0,48	0,001818	16	16	1	0,7448	11,9174
Bukit Bali 2	Batu pecah	0,0183	250	0,28	0,00112	28,716	21,32	1,3469	0,684	19,6405
Lakarsantri 2	Pipa Beton	0,02	220	0,4	0,001818	6,25	10	0,625	1,5585	9,74067
Blok N	Batu pecah	0,0183	280	0,35	0,00125	31,6876	22,35	1,4178	0,755	23,9249
Banjarmelati	Batu pecah	0,0183	160	0,23	0,00125	31,6876	22,35	1,4178	0,755	23,9249

*Sumber : Hasil Perhitungan*

### 5.3.1.4 Rekap Alternatif Normalisasi Saluran

Rekapitulasi alternatif normalisasi saluran BGI Utara titik kontrol 173 dan 171 serta saluran Citra Raya 1 dapat dilihat pada tabel 5.113.

Tabel 5.113 Rekap Alternatif Normalisasi Periode Ulang 2tahun

Nama Saluran	Titik Kontrol	Qr sal (m3/det)	Qr (m3/det)	Qkap (m3/det)	Selisih (m3/det)	Ket
BGI Utara 5	187	0,507	0,51	2,242	1,736	AMAN
BGI Utara 4	183	0,532	1,04	2,242	1,204	AMAN
BGI Utara 3	177	0,806	1,84	2,242	0,398	AMAN
BGI Utara 2	173	0,942	2,79	4,829	2,039	AMAN
BGI Utara 1	171	0,875	3,66	4,829	1,169	AMAN
BGI Selatan 1	93	0,259	0,26	2,093	1,834	AMAN
Sumerset Utara 2	193	0,351	0,35	2,121	1,77	AMAN
Sumerset Utara 1	191	0,394	0,75	2,121	1,376	AMAN
BGI Selatan 2 B	76	0,369	1,37	2,811	1,438	AMAN
BGI Selatan 2 A	74	0,527	1,9	2,811	0,91	AMAN
Citra Raya 1	64		5,56	11,93	6,37	AMAN
Citra Raya 1	62	0,366	5,93	11,93	6,00	AMAN
Golf Citraland 2	132	1,06	1,06	4,52	3,46	AMAN
Golf Citraland 1	124	0,8	1,86	4,52	2,662	AMAN
Sumerset Selatan	160	0,47	0,47	3,887	3,416	AMAN
Sumerset Selatan	153	0,67	1,14	3,625	2,481	AMAN
Lakarsantri 1	145	0,46	1,61	3,625	2,018	AMAN
Lakarsantri 2	142	1,43	3,03	3,896	0,863	AMAN
Galeria Golf 1 B	115	0,93	0,93	5,095	4,163	AMAN
Galeria Golf 1 A	105	1,57	2,5	5,095	2,591	AMAN
Galeria Golf 2	102	0,13	2,64	15,969	13,334	AMAN

Tabel 5.113 Rekap Alternatif Normalisasi Periode Ulang 2tahun  
(Lanjutan)

Nama Saluran	Titik Kontrol	Qr sal (m3/det)	Qr (m3/det)	Qkap (m3/det)	Selisih (m3/det)	Ket
Citra Raya 2	51	0,7	6,63	9,935	0,265	AMAN
Bukit Bali 1	46		7,95	11,917	3,963	AMAN
Bukit Bali 1	44	0,65	8,6	11,917	3,315	AMAN
Bukit Bali 2	33	0,8	9,4	19,641	10,24	AMAN
Blok N	26		12,43	23,925	11,492	AMAN
Blok N	23	0,62	16,09	23,925	7,834	AMAN
Banjarmelati	101		18,73	23,925	5,199	AMAN
Banjarmelati	13	1,02	19,74	23,925	4,184	AMAN

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Tabel 5.114 Rekap Alternatif Normalisasi Periode Ulang 5tahun

Nama Saluran	Titik Kontrol	Qr sal (m3/det)	Qr (m3/det)	Qkap (m3/det)	Selisih (m3/det)	Ket
BGI Utara 5	187	0,60	0,60	2,242	1,647	AMAN
BGI Utara 4	183	0,62	1,22	2,242	1,022	AMAN
BGI Utara 3	177	0,95	2,17	2,242	0,075	AMAN
BGI Utara 2	173	1,11	3,27	4,829	1,555	AMAN
BGI Utara 1	171	1,03	4,30	4,829	0,527	AMAN
BGI Selatan 1	93	0,30	0,30	2,093	1,788	AMAN
Sumerset Utara 2	193	0,41	0,41	2,121	1,708	AMAN
Sumerset Utara 1	191	0,46	0,88	2,121	1,246	AMAN
BGI Selatan 2 B	76	0,43	1,61	2,811	1,197	AMAN
BGI Selatan 2 A	74	0,62	2,23	2,811	0,578	AMAN
Citra Raya 1	64		6,53	11,930	5,395	AMAN
Citra Raya 1	62	0,43	6,96	11,930	4,965	AMAN

Tabel 5.114 Rekap Alternatif Normalisasi Periode Ulang 5tahun  
(Lanjutan)

Nama Saluran	Titik Kontrol	Qr sal (m3/det)	Qr (m3/det)	Qkap (m3/det)	Selisih (m3/det)	Ket
Golf Citraland 2	132	0,62	0,62	4,520	3,897	AMAN
Golf Citraland 1	124	0,94	1,56	4,520	2,960	AMAN
Sumerset Selatan	160	0,55	0,55	3,887	3,333	AMAN
Sumerset Selatan	153	0,79	1,34	3,625	2,281	AMAN
Lakarsantri 1	145	0,54	1,89	3,625	1,737	AMAN
Lakarsantri 2	142	1,68	3,56	3,896	0,333	AMAN
Galeria Golf 1 B	115	1,10	1,10	5,095	4,000	AMAN
Galeria Golf 1 A	105	1,85	2,94	5,095	2,152	AMAN
Galeria Golf 2	102	0,15	3,10	15,969	12,873	AMAN
Citra Raya 2	51	0,82	9,35	9,935	0,589	AMAN
Bukit Bali 1	46		10,91	11,917	1,012	AMAN
Bukit Bali 1	44	0,76	11,67	11,917	0,251	AMAN
Bukit Bali 2	33	0,94	12,60	19,641	7,036	AMAN
Blok N	26		16,17	23,925	7,757	AMAN
Blok N	23	0,73	16,90	23,925	7,023	AMAN
Banjarmelati	101		20,00	23,925	3,927	AMAN
Banjarmelati	13	1,19	21,19	23,925	2,735	AMAN

*Sumber: Hasil Perhitungan*

### 5.3.2 Alternatif Boezem BGI Utara

Adapun perhitungan debit *inflow* boezem A yang terdiri dari Q BGI Utara titik kontrol 187, 183, 177 dan 173 seperti padatabel 5.115.

Tabel 5.115 Debit Rencana BGI Utara 187,183,177,173

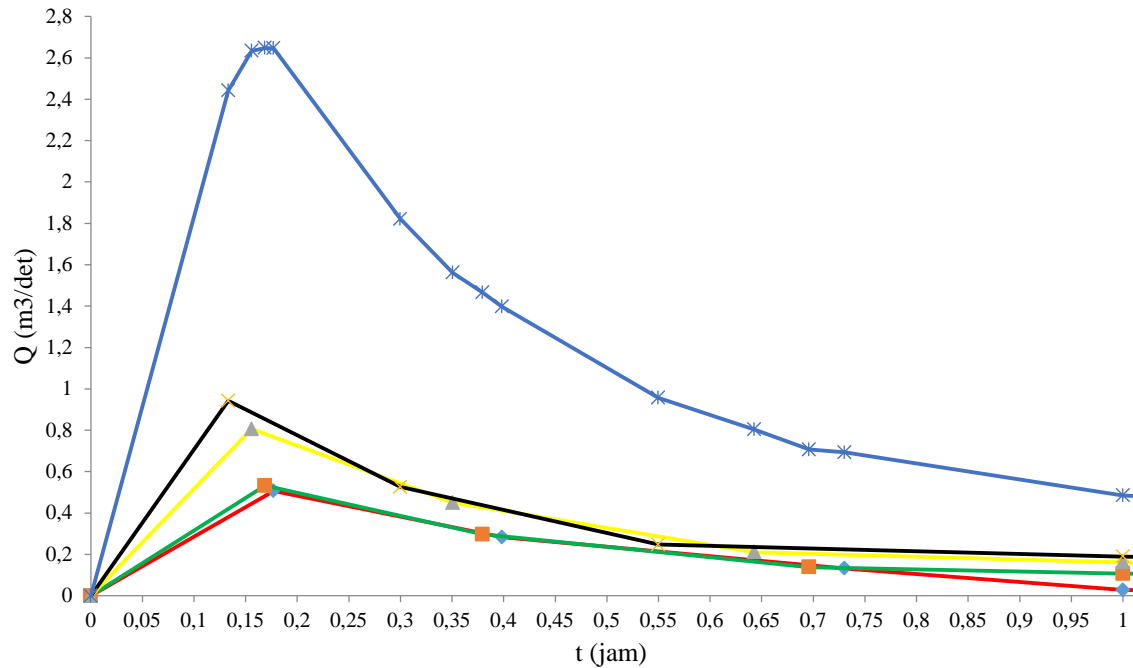
T 187 (jam)	Sal BGI Utara 187 m3/det	T 183 (jam)	Sal BGI Utara 183 m3/det	T 177 (jam)	Sal BGI Utara 177 m3/det	T 173 (jam)	Sal BGI Utara 173 m3/det
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.18	0.51	0.17	0.53	0.16	0.81	0.13	0.94
0.40	0.28	0.38	0.30	0.35	0.45	0.30	0.53
0.73	0.13	0.70	0.14	0.64	0.21	0.55	0.25
1.00	0.03	1.00	0.11	1.00	0.16	1.00	0.19
1.50	0.00	1.50	0.09	1.50	0.13	1.50	0.16
2.00	0.00	2.00	0.02	2.00	0.03	2.00	0.04
2.50	0.00	2.50	0.00	2.50	0.00	2.50	0.00
3.00	0.00	3.00	0.00	3.00	0.00	3.00	0.00
3.50	0.00	3.50	0.00	3.50	0.00	3.50	0.00
4.00	0.00	4.00	0.00	4.00	0.00	4.00	0.00
4.50	0.00	4.50	0.00	4.50	0.00	4.50	0.00
5.00	0.00	5.00	0.00	5.00	0.00	5.00	0.00
5.50	0.00	5.50	0.00	5.50	0.00	5.50	0.00
6.00	0.00	6.00	0.00	6.00	0.00	6.00	0.00
6.50	0.00	6.50	0.00	6.50	0.00	6.50	0.00
7.00	0.00	7.00	0.00	7.00	0.00	7.00	0.00
7.50	0.00	7.50	0.00	7.50	0.00	7.50	0.00
8.00	0.00	8.00	0.00	8.00	0.00	8.00	0.00
8.50	0.00	8.50	0.00	8.50	0.00	8.50	0.00
9.00	0.00	9.00	0.00	9.00	0.00	9.00	0.00
9.50	0.00	9.50	0.00	9.50	0.00	9.50	0.00
10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Catatan: Untuk jam ke-10,5 sampai jam ke-24 nilainya “0”



Berikut ini adalah grafik hubungan  $Q_{187}$ ,  $Q_{183}$ ,  $Q_{177}$ ,  $Q_{173}$  dan  $Q_{inflow}$



Gambar 5.32 Grafik Hubungan Debit Rencana BGI Utara 187,183,177,173 dan  $Q_{inflow}$

Perhitungan Qinflow dengan cara interpolasi setiap debit di jam tertentu dapat dilihat pada tabel 5.116

Tabel 5.116 Perhitungan Debit Inflow Boezem BGI Utara

<b>T inflow jam</b>	<b>Sal BGI Utara 187 m3/det</b>	<b>Sal BGI Utara 183 m3/det</b>	<b>Sal BGI Utara 177 m3/det</b>	<b>Sal BGI Utara 173 m3/det</b>	<b>Q inflow m3/det</b>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.13	0.38	0.42	0.69	0.94	2.44
0.16	0.45	0.50	0.81	0.89	2.63
0.17	0.48	0.53	0.78	0.86	2.65
0.18	0.51	0.53	0.78	0.84	2.65
0.30	0.38	0.38	0.53	0.53	1.82
0.35	0.32	0.32	0.45	0.47	1.56
0.38	0.30	0.30	0.43	0.44	1.47
0.40	0.28	0.28	0.42	0.42	1.40
0.55	0.21	0.21	0.29	0.25	0.96
0.64	0.18	0.17	0.21	0.24	0.80
0.70	0.14	0.14	0.21	0.23	0.71
0.73	0.13	0.13	0.20	0.23	0.69
1.00	0.03	0.11	0.16	0.19	0.49
1.50	0.00	0.09	0.13	0.16	0.38
2.00	0.00	0.02	0.03	0.04	0.09
2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Catatan: Untuk jam ke-6 sampai jam ke-24 nilainya "0"

Cara memperoleh luas penampang basah pada penampang saluran bulat adalah

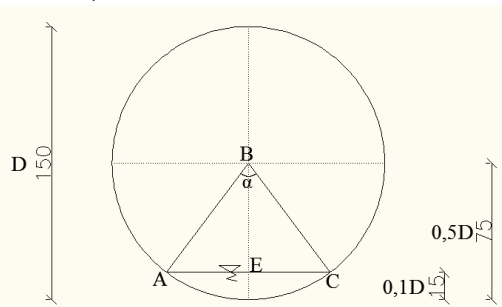
$$(A) = \frac{2\alpha}{360} \cdot 0,25 \cdot 3,14 D^2 \pm 0,5 \cdot AC \cdot BE$$

Untuk memperoleh keliling penampang basah:

$$(P) = \frac{2\alpha}{360} \cdot 3,14 \cdot D + AC$$

Berikut ini adalah contoh perhitungan luas dan keliling basah pada penampang saluran lingkaran. Perhatikan gambar untuk menghitung luas dan keliling penampang basah:

**Kondisi aliran = 0,1D = 15cm**



Gambar 5.33 Kondisi Aliran = 0,1 D

Contoh perhitungan ketika tinggi muka air = 0,1D = 0,15m

$$\cos \alpha = (BE/BC) = 0,4D / 0,5D = 0,8 \quad \alpha = 36,87'$$

$$\tan \alpha = (AE/BE)$$

$$AE = BE \cdot \tan \alpha = 0,4D \cdot \tan 36,87' = 0,3D$$

$$AC = 2 \cdot AE = 0,6 D = 0,6 \cdot 1,5 = 0,9m$$

$$BE = 0,5D - 0,1D = 0,4D = 0,4 \cdot 1,5 = 0,6m$$

$$\text{Luas basah (A)} = \frac{2 \cdot 36,87}{360} \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 1,5^2 - 0,5 \cdot 0,9 \cdot 0,6 = 0,092 \text{ m}^2$$

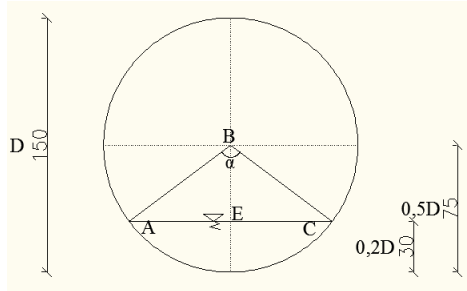
$$\text{Keliling basah (P)} = \frac{2 \cdot 36,87}{360} \cdot 3,14 \cdot 1,5 + 0,9 = 1,865 \text{ m}$$

$$\text{Jari-jari (R)} = A / P = 0,092 / 1,865 = 0,0493 \text{ m}$$

$$V = (1/n) \times R^{2/3} \times I^{1/2} = (1/0,02) \cdot (0,0493)^{2/3} \cdot (0,0028)^{1/2} = 0,3557 \text{ m/det}$$

$$Q(Y1 \text{ debit}) = V \cdot A = 0,3557 \text{ m/det} \cdot 0,092 \text{ m}^2 = 0,0327 \text{ m}^3/\text{det}$$

**Kondisi aliran =  $0,2D = 30\text{cm}$**



Gambar 5.34 Kondisi Aliran =  $0,2D$

Contoh perhitungan ketika tinggi muka air =  $0,2D = 0,3\text{m}$

$$\cos \alpha = (BE/BC) = 0,3D / 0,5D = 0,6 \quad \alpha = 53,13^\circ$$

$$\tan \alpha = (AE/BE)$$

$$AE = BE \cdot \tan \alpha = 0,3D \cdot \tan 53,13^\circ = 0,4D$$

$$AC = 2 \cdot AE = 0,8D = 0,8 \cdot 1,5 = 1,2\text{m}$$

$$BE = 0,5D - 0,2D = 0,3D = 0,3 \cdot 1,5 = 0,45\text{m}$$

$$\text{Luas basah (A)} = \frac{2,53,13}{360} \cdot 0,25,14 \cdot 1,5^2 - 0,5 \cdot 1,2 \cdot 0,45 = 0,251\text{m}^2$$

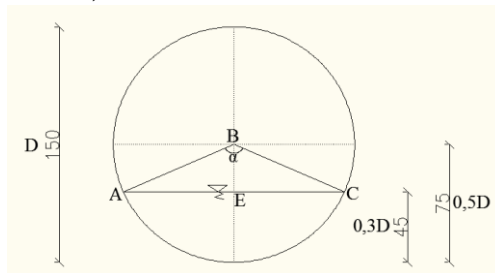
$$\text{Keliling basah (P)} = \frac{2,53,13}{360} \cdot 3,14 \cdot 1,5 + 1,2 = 2,59\text{m}$$

$$\text{Jari-jari (R)} = A / P = 0,251/2,59 = 0,0969\text{m}$$

$$V = (1/n) \times R^{2/3} \times I^{1/2} = (1/0,02) \cdot (0,0969)^{2/3} \cdot (0,0028)^{1/2} = 0,558 \text{ m/det}$$

$$Q(\text{Y1 debit}) = V \cdot A = 0,558 \text{ m/det} \cdot 0,251\text{m}^2 = 0,14 \text{ m}^3/\text{det}$$

**Kondisi aliran =  $0,3D = 45\text{cm}$**

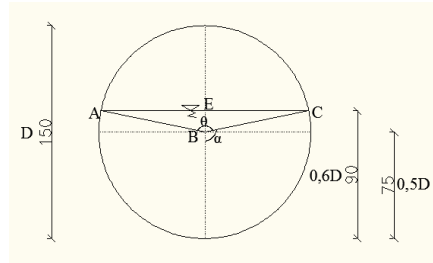


Gambar 5.35 Kondisi Aliran =  $0,3D$





**Kondisi aliran =  $0,7D = 105\text{cm}$**



Gambar 5.38 Kondisi Aliran =  $0,7 D$

Contoh perhitungan ketika tinggi muka air =  $0,7D = 1,05\text{m}$

$$\cos \alpha = (BE/BC) = 0,7D / 0,5D = 1,4 \quad \alpha = 113,578^\circ$$

$$\cos \theta = (BE/BC) = 0,2D / 0,5D = 0,4 \quad \theta = 66,42^\circ$$

$$\tan \theta = (AE/BE)$$

$$AE = BE \cdot \tan \theta = 0,2D \cdot \tan 66,42^\circ = 0,46D$$

$$AC = 2 \cdot AE = 0,92 D = 0,92 \cdot 1,5 = 1,38\text{m}$$

$$BE = 0,5D - 0,3D = 0,3D = 0,2 \cdot 1,5 = 0,3\text{m}$$

$$\text{Luas basah (A)} = \frac{2.113,578}{360} \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 1,5^2 + 0,5 \cdot 1,38 \cdot 0,3 = 1,32\text{m}^2$$

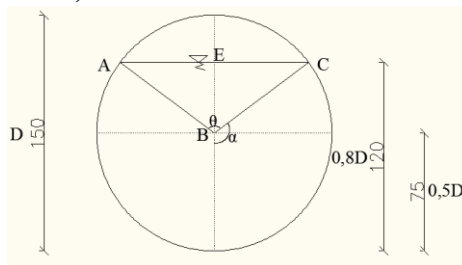
$$\text{Keliling basah (P)} = \frac{2.113,578}{360} \cdot 3,14 \cdot 1,5 + 1,38 = 4,35\text{m}$$

$$\text{Jari-jari (R)} = A / P = 1,32/4,35 = 0,30345\text{m}$$

$$V = (1/n) \times R^{2/3} \times I^{1/2} = (1/0,02) \cdot (0,30345)^{2/3} \cdot (0,0028)^{1/2} = 1,1934 \text{ m/det}$$

$$Q(\text{Y1 debit}) = V \cdot A = 1,1934 \text{ m/det} \cdot 1,32\text{m}^2 = 1,575\text{m}^3/\text{det}$$

**Kondisi aliran =  $0,8D = 120\text{cm}$**



Gambar 5.39 Kondisi Aliran =  $0,8 D$

Contoh perhitungan ketika tinggi muka air =  $0,8D = 1,2\text{m}$

$$\cos \alpha = (BE/BC) = 0,8D / 0,5D = 1,6 \quad \alpha = 126,87^\circ$$

$$\cos \theta = (BE/BC) = 0,3D / 0,5D = 0,6 \quad \theta = 53,13^\circ$$

$$\tan \theta = (AE/BE)$$

$$AE = BE \cdot \tan \theta = 0,3D \cdot \tan 53,13^\circ = 0,4D$$

$$AC = 2 \cdot AE = 0,8D = 0,8 \cdot 1,5 = 1,2\text{m}$$

$$BE = 0,5D - 0,2D = 0,3D = 0,3 \cdot 1,5 = 0,45\text{m}$$

$$\text{Luas basah (A)} = \frac{2.126,87}{360} \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 1,5^2 + 0,5 \cdot 1,2 \cdot 0,45 = 1,515 \text{ m}^2$$

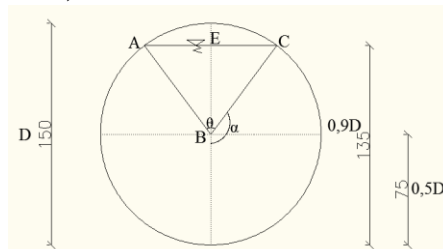
$$\text{Keliling basah (P)} = \frac{2.126,87}{360} \cdot 3,14 \cdot 1,5 + 1,2 = 4,52 \text{ m}$$

$$\text{Jari-jari (R)} = A / P = 1,515 / 4,52 = 0,335\text{m}$$

$$V = (1/n) \times R^{2/3} \times I^{1/2} = (1/0,02) \cdot (0,335)^{2/3} \cdot (0,0028)^{1/2} = 1,275 \text{ m/det}$$

$$Q(Y1 \text{ debit}) = V \cdot A = 1,275 \text{ m/det} \cdot 1,515 \text{ m}^2 = 1,9329 \text{ m}^3/\text{det}$$

**Kondisi aliran =  $0,9D = 135\text{cm}$**



Gambar 5.40 Kondisi Aliran =  $0,9D$

Contoh perhitungan ketika tinggi muka air =  $0,9D = 1,35\text{m}$

$$\cos \alpha = (BE/BC) = 0,9D / 0,5D = 1,8 \quad \alpha = 143,13^\circ$$

$$\cos \theta = (BE/BC) = 0,4D / 0,5D = 0,8 \quad \theta = 36,87^\circ$$

$$\tan \theta = (AE/BE)$$

$$AE = BE \cdot \tan \theta = 0,4D \cdot \tan 36,87^\circ = 0,3D$$

$$AC = 2 \cdot AE = 0,6D = 0,6 \cdot 1,5 = 0,9\text{m}$$

$$BE = 0,5D - 0,1D = 0,4D = 0,4 \cdot 1,5 = 0,6\text{m}$$

$$\text{Luas basah (A)} = \frac{2.143,13}{360} \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 1,5^2 + 0,5 \cdot 0,9 \cdot 0,6 = 1,675 \text{ m}^2$$



$$\text{Keliling basah (P)} = \frac{2.143,13}{360} \cdot 3,14 \cdot 1,5 + 0,9 = 4,64 \text{ m}$$

$$\text{Jari-jari (R)} = A / P = 1,675/4,64 = 0,361\text{m}$$

$$\begin{aligned} V &= (1/n) \times R^{2/3} \times I^{1/2} = (1/0,02) \cdot (0,361)^{2/3} \cdot (0,0028)^{1/2} \\ &= 1,3399 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$Q(\text{Y1 debit}) = V \cdot A = 1,3399 \text{ m/det} \cdot 1,675\text{m}^2 = 2,24465 \text{ m}^3/\text{det}$$

**Kondisi aliran = 1D= 150cm**

$$\text{Luas basah (A)} = 3,14 \cdot 0,75^2 = 1,7672\text{m}^2$$

$$\text{Keliling basah (P)} = 3,14 \cdot 1,5 = 4,71\text{m}$$

$$\text{Jari-jari (R)} = A / P = 1,7672 / 4,71 = 0,375\text{m}$$

$$\begin{aligned} V &= (1/n) \times R^{2/3} \times I^{1/2} = (1/0,02) \cdot (0,375)^{2/3} \cdot (0,0028)^{1/2} \\ &= 1,37476 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$Q(\text{Y1 debit}) = V \cdot A = 1,37476 \text{ m/det} \cdot 1,7672 \text{ m}^2 = 2,4295 \text{ m}^3/\text{det}$$

Lengkung Kapasitas Boezem BGI Utara dijelaskan pada tabel 5.117

Tabel 5.117 Lengkung KapasitasBoezem BGI Utara

Elevasi m	Luas Genangan m <sup>2</sup>	volume m <sup>3</sup>	volume komulatif m <sup>3</sup>
12	1912,217	0	0
12,5	2467,725	1094,986	1094,986
13	2829,974	1324,425	<b>2419,410</b>
13,5	3780,546	1652,630	4072,040
14	4073,730	1963,569	6035,609
14,5	4772,810	2211,635	8247,244
15	5369,340	2535,538	10782,782
15,5	6157,18	2881,630	13664,412
16	6504,17	3165,338	16829,749
16,5	7018,68	3380,713	20210,462

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Elevasi saluran inlet boezem = +14,50

Elevasi saluran outlet boezem = +13,00

Contoh perhitungan pada elevasi +13,50 :

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= (A_1 + A_2) \times (t/2) \\ &= (1912,217 + 2467,725) \cdot (0,5/2) = 1094,986\text{m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Vol komulatif} = \text{Vol}_1 + \text{Vol}_2 = 0 + 1094,986 = 1652,63 \text{ m}^3$$

Perhitungan fungsi simpanan-outflow untuk tampungan air pada Boezem BGI Utara dapat dilakukan seperti pada tabel 5.118

Tabel 5.118 Perhitungan Fungsi Simpanan-Outflow

Tinggi muka air m	A (m <sup>2</sup> )	P m	R m	V m/det	Q Debit (m <sup>3</sup> /det)	Vol Tampungan (m <sup>3</sup> )	(2S/Δt) + Q (m <sup>3</sup> /det)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,15	0,09	1,86	0,05	0,36	0,03	2915,20	9,56
0,30	0,25	2,59	0,10	0,56	0,14	3410,99	11,29
0,45	0,45	3,11	0,14	0,72	0,32	3906,78	13,09
0,60	0,66	3,52	0,19	0,87	0,57	4464,75	15,16
0,75	0,88	3,86	0,23	0,99	0,87	5053,82	17,39
0,90	1,10	4,13	0,27	1,09	1,20	5642,90	19,64
1,05	1,32	4,35	0,30	1,19	1,58	6256,77	22,02
1,20	1,52	4,52	0,34	1,28	1,93	6920,26	24,55
1,35	1,68	4,64	0,36	1,34	2,24	7583,75	27,03
1,50	1,77	4,71	0,38	1,37	2,43	8247,24	29,38

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Contoh perhitungan pada tinggi muka air 0,15cm

Volume tampungan = dengan cara interpolasi dari tabel 5.118

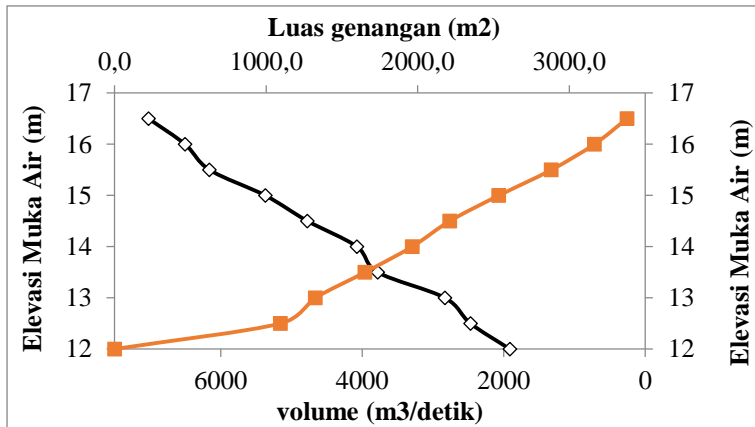
Elevasi	Volume Komulatif
13,00	2419,410
13,50	4072,040

$$\text{Vol tampungan} = 2915,20\text{m}^3$$

$$\begin{aligned}(2S/\Delta t) + Q &= (2 \times (\text{Vol tampungan}/(\text{tp} \times 3600))) + Q \\ &= (2 \cdot (2915,20/(0,17 \times 3600))) + 0,03\text{m}^3/\text{det} \\ &= 1,653 \text{ m}^3/\text{det}\end{aligned}$$

Catatan: waktu puncak (tp) = 0,17jam

Kurva Tampungan Boezem BGI Utara dapat dilihat pada gambar 5.41



Gambar 5.41 Kurva Tampungan Boezem BGI Utara

### 5.3.2.1 Perhitungan Flood Routing Boezem BGI Utara

Data yang tersedia :

Elevasi Outlet Boezem = +13,00

Contoh Perhitungan :

**1. Kolom 2 baris 2 :**

Inflow boezem A (tabel 5.110) =  $2,648 \text{ m}^3/\text{det}$

**2. Kolom 3 baris 2 :**

$(I_i + I_{i+1}) = (0 + 2,648) = 2,648 \text{ m}^3/\text{det}$

**3. Kolom 5 baris 2 :**

$(2S_j + 1/\Delta t) + Q_{j+1} = 2,648 - 0 = 2,648 \text{ m}^3/\text{det}$

**4. Kolom 6 baris 2 :**

Dengan cara interpolasi volume komulatif dari tabel 5.118 :

Elevasi	Volume Komulatif
13,00	0
13,15	9,55848

Outflow =  $0,009 \text{ m}^3/\text{det}$

**5. Kolom 4 baris 2 :**

$(2S_j + 1/\Delta t) + Q_{j+1} = 2,648 - 0,009 = 2,639 \text{ m}^3/\text{det}$

Tabel 5.119 Perhitungan Floud Routing Boezem BGI Utara

<b>T jam 1</b>	<b>Inflow m<sup>3</sup>/det 2</b>	<b>(I<sub>i</sub> + I<sub>i+1</sub>) m<sup>3</sup>/det 3</b>	<b>(2S<sub>j</sub>/Δt) - Q<sub>j</sub> m<sup>3</sup>/det 4</b>	<b>(2S<sub>j+1</sub>/Δt) + Q<sub>j+1</sub> m<sup>3</sup>/det 5</b>	<b>Outflow m<sup>3</sup>/det 6</b>
0	0,000	0	0	0	0
0,17	2,648	2,648	2,639	2,648	0,009
0,34	1,398	4,046	6,662	6,685	0,023
0,51	0,957	2,355	8,986	9,017	0,031
0,68	0,804	1,761	10,641	10,747	0,107
0,85	0,707	1,511	11,923	12,151	0,228
1,02	0,693	1,400	12,973	13,323	0,351
1,19	0,485	1,178	13,701	14,151	0,450
1,36	0,382	0,867	14,067	14,568	0,500
1,53	0,085	0,467	14,038	14,534	0,496
1,7	0,001	0,086	13,678	14,124	0,447
1,87	0,000	0,001	13,285	13,678	0,393
2,04	0,000	0,000	12,939	13,285	0,346
2,21	0,000	0,000	12,632	12,939	0,307
2,38	0,000	0,000	12,355	12,632	0,276
2,55	0,000	0,000	12,107	12,355	0,248
2,72	0,000	0,000	11,883	12,107	0,223
2,89	0,000	0,000	11,683	11,883	0,201

Tabel 5.119 Perhitungan Floud Routing Boezem BGI Utara (Lanjutan)

3,06	0,000	0,000	11,502	11,683	0,180
3,23	0,000	0,000	11,340	11,502	0,162
3,4	0,000	0,000	11,194	11,340	0,146
3,57	0,000	0,000	11,060	11,194	0,135
3,74	0,000	0,000	10,933	11,060	0,126
3,91	0,000	0,000	10,815	10,933	0,118
4,08	0,000	0,000	10,704	10,815	0,111
4,25	0,000	0,000	10,600	10,704	0,104
4,42	0,000	0,000	10,502	10,600	0,098
4,59	0,000	0,000	10,411	10,502	0,092
4,76	0,000	0,000	10,325	10,411	0,086
4,93	0,000	0,000	10,244	10,325	0,080
5,1	0,000	0,000	10,169	10,244	0,075
5,27	0,000	0,000	10,098	10,169	0,071
5,44	0,000	0,000	10,032	10,098	0,066
5,61	0,000	0,000	9,970	10,032	0,062
5,78	0,000	0,000	9,911	9,970	0,058
5,95	0,000	0,000	9,857	9,911	0,055
6,12	0,000	0,000	9,806	9,857	0,051
6,29	0,000	0,000	9,757	9,806	0,048
6,46	0,000	0,000	9,712	9,757	0,045
6,63	0,000	0,000	9,670	9,712	0,042
6,8	0,000	0,000	9,631	9,670	0,040

Tabel 5.119 Perhitungan Floud Routing Boezem BGI Utara (Lanjutan)

6,97	0,000	0,000	9,593	9,631	0,037
7,14	0,000	0,000	9,559	9,593	0,035
7,31	0,000	0,000	9,526	9,559	0,033
7,48	0,000	0,000	9,493	9,526	0,033
7,65	0,000	0,000	9,461	9,493	0,032
7,82	0,000	0,000	9,429	9,461	0,032
7,99	0,000	0,000	9,396	9,429	0,032
8,16	0,000	0,000	9,364	9,396	0,032
8,33	0,000	0,000	9,332	9,364	0,032
8,5	0,000	0,000	9,300	9,332	0,032
8,67	0,000	0,000	9,268	9,300	0,032
8,84	0,000	0,000	9,237	9,268	0,032
9,01	0,000	0,000	9,205	9,237	0,032
9,18	0,000	0,000	9,174	9,205	0,031
9,35	0,000	0,000	9,142	9,174	0,031
9,52	0,000	0,000	9,111	9,142	0,031
9,69	0,000	0,000	9,080	9,111	0,031
9,86	0,000	0,000	9,049	9,080	0,031
10,03	0,000	0,000	9,018	9,049	0,031
10,2	0,000	0,000	8,987	9,018	0,031
10,37	0,000	0,000	8,956	8,987	0,031
10,54	0,000	0,000	8,926	8,956	0,031
10,71	0,000	0,000	8,895	8,926	0,031

Tabel 5.119 Perhitungan Floud Routing Boezem BGI Utara (Lanjutan)

10,88	0,000	0,000	8,865	8,895	0,030
11,05	0,000	0,000	8,834	8,865	0,030
11,22	0,000	0,000	8,804	8,834	0,030
11,39	0,000	0,000	8,774	8,804	0,030
11,56	0,000	0,000	8,744	8,774	0,030
11,73	0,000	0,000	8,714	8,744	0,030
11,9	0,000	0,000	8,684	8,714	0,030
12,07	0,000	0,000	8,654	8,684	0,030
12,24	0,000	0,000	8,625	8,654	0,030
12,41	0,000	0,000	8,595	8,625	0,030
12,58	0,000	0,000	8,566	8,595	0,029
12,75	0,000	0,000	8,537	8,566	0,029
12,92	0,000	0,000	8,507	8,537	0,029
13,09	0,000	0,000	8,478	8,507	0,029
13,26	0,000	0,000	8,449	8,478	0,029
13,43	0,000	0,000	8,420	8,449	0,029
13,6	0,000	0,000	8,392	8,420	0,029
13,77	0,000	0,000	8,363	8,392	0,029
13,94	0,000	0,000	8,334	8,363	0,029
14,11	0,000	0,000	8,306	8,334	0,029
14,28	0,000	0,000	8,277	8,306	0,028
14,45	0,000	0,000	8,249	8,277	0,028
14,62	0,000	0,000	8,221	8,249	0,028

Tabel 5.119 Perhitungan Floud Routing Boezem BGI Utara (Lanjutan)

14,79	0,000	0,000	8,193	8,221	0,028
14,96	0,000	0,000	8,165	8,193	0,028
15,13	0,000	0,000	8,137	8,165	0,028
15,3	0,000	0,000	8,109	8,137	0,028
15,47	0,000	0,000	8,081	8,109	0,028
15,64	0,000	0,000	8,054	8,081	0,028
15,81	0,000	0,000	8,026	8,054	0,028
15,98	0,000	0,000	7,999	8,026	0,027
16,15	0,000	0,000	7,971	7,999	0,027
16,32	0,000	0,000	7,944	7,971	0,027
16,49	0,000	0,000	7,917	7,944	0,027
16,66	0,000	0,000	7,890	7,917	0,027
16,83	0,000	0,000	7,863	7,890	0,027
17	0,000	0,000	7,836	7,863	0,027
17,17	0,000	0,000	7,809	7,836	0,027
17,34	0,000	0,000	7,782	7,809	0,027
17,51	0,000	0,000	7,756	7,782	0,027
17,68	0,000	0,000	7,729	7,756	0,027
17,85	0,000	0,000	7,703	7,729	0,026
18,02	0,000	0,000	7,676	7,703	0,026
18,19	0,000	0,000	7,650	7,676	0,026
18,36	0,000	0,000	7,624	7,650	0,026
18,53	0,000	0,000	7,598	7,624	0,026



Tabel 5.119 Perhitungan Floud Routing Boezem BGI Utara (Lanjutan)

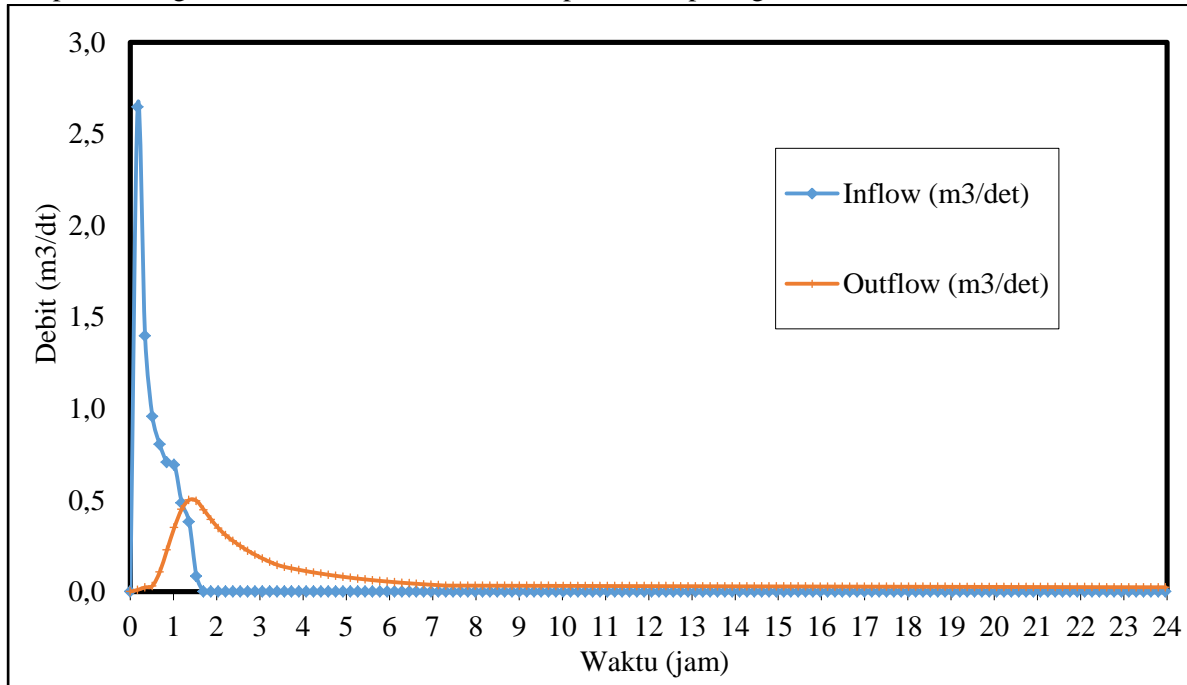
18,7	0,000	0,000	7,572	7,598	0,026
18,87	0,000	0,000	7,546	7,572	0,026
19,04	0,000	0,000	7,520	7,546	0,026
19,21	0,000	0,000	7,494	7,520	0,026
19,38	0,000	0,000	7,469	7,494	0,026
19,55	0,000	0,000	7,443	7,469	0,026
19,72	0,000	0,000	7,418	7,443	0,025
19,89	0,000	0,000	7,392	7,418	0,025
20,06	0,000	0,000	7,367	7,392	0,025
20,23	0,000	0,000	7,342	7,367	0,025
20,4	0,000	0,000	7,317	7,342	0,025
20,57	0,000	0,000	7,292	7,317	0,025
20,74	0,000	0,000	7,267	7,292	0,025
20,91	0,000	0,000	7,242	7,267	0,025
21,08	0,000	0,000	7,217	7,242	0,025
21,25	0,000	0,000	7,192	7,217	0,025
21,42	0,000	0,000	7,168	7,192	0,025
21,59	0,000	0,000	7,143	7,168	0,025
21,76	0,000	0,000	7,119	7,143	0,024
21,93	0,000	0,000	7,095	7,119	0,024
22,1	0,000	0,000	7,070	7,095	0,024
22,27	0,000	0,000	7,046	7,070	0,024
22,44	0,000	0,000	7,022	7,046	0,024

Tabel 5.119 Perhitungan Floud Routing Boezem BGI Utara (Lanjutan)

22,61	0,000	0,000	6,998	7,022	0,024
22,78	0,000	0,000	6,974	6,998	0,024
22,95	0,000	0,000	6,950	6,974	0,024
23,12	0,000	0,000	6,926	6,950	0,024
23,29	0,000	0,000	6,903	6,926	0,024
23,46	0,000	0,000	6,879	6,903	0,024
23,63	0,000	0,000	6,856	6,879	0,024
23,8	0,000	0,000	6,832	6,856	0,023
23,97	0,000	0,000	6,809	6,832	0,023

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Adapun Hidrograf untuk Boezem BGI Utara dapat dilihat pada gambar 5.42



Gambar 5.42 Hidrograf Boezem BGI Utara Periode Ulang 2 Tahun

### 5.3.2.2 Rekap Alternatif Boezem BGI Utara

Alternatif pengendalian banjir boezem BGI Utara berfungsi untuk menampung luapan banjir dari saluran BGI Utara titik kontrol 173, kemudian air dibuang kembali ke saluran BGI Utara titik kontrol 171. Rekapitulasi alternatif boezem BGI Utara dapat dilihat pada tabel 5.121

Tabel 5.120 Rekap Alternatif BoezemBGI Utara (T=2th)

Nama Saluran	Titik Kontrol	Qr sal (m3/det)	Qr (m3/det)	Qkap (m3/det)	Selisih (m3/det)	Ket
BGI Utara 2	173	0.500	0.500	2.242	1.742	AMAN
BGI Utara 1	171	0.875	1.375	2.242	0.868	AMAN
BGI Selatan 1	93	0.259	0.259	2.093	1.834	AMAN
Sumerset Utara 2	193	0.351	0.351	2.121	1.770	AMAN
Sumerset Utara 1	191	0.394	0.745	2.121	1.376	AMAN
BGI Selatan 2 B	76	0.369	1.373	2.811	1.438	AMAN
BGI Selatan 2 A	74	0.527	1.901	2.811	0.910	AMAN
Citra Raya 1	64		3.275	4.771	1.496	AMAN
Citra Raya 1	62	0.366	3.641	4.771	1.130	AMAN
Golf Citraland 2	132	0.530	0.530	4.520	3.990	AMAN
Golf Citraland 1	124	0.798	1.328	4.520	3.192	AMAN
Sumerset Selatan	160	0.472	0.472	3.887	3.416	AMAN
Sumerset Selatan	153	0.672	1.144	3.625	2.481	AMAN
Lakarsantri 1	145	0.463	1.607	3.625	2.018	AMAN
Lakarsantri 2	142	1.426	3.033	3.896	0.863	AMAN
Galeria Golf 1 B	115	0.932	0.932	5.095	4.163	AMAN
Galeria Golf 1 A	105	1.573	2.505	5.095	2.591	AMAN
Galeria Golf 2	102	0.130	2.635	15.969	13.334	AMAN
Citra Raya 2	51	0.698	4.339	9.935	5.595	AMAN
Bukit Bali 1	46		5.668	11.917	6.250	AMAN
Bukit Bali 1	44	0.648	6.315	11.917	5.602	AMAN

Tabel 5.120 Rekap Alternatif Boezem BGI Utara (T=2th)  
(Lanjutan)

Nama Saluran	Titik Kontrol	Qr sal (m3/det)	Qr (m3/det)	Qkap (m3/det)	Selisih (m3/det)	Ket
Bukit Bali 2	33	0.798	7.114	19.641	12.527	AMAN
Blok N	26		10.147	23.925	13.778	AMAN
Blok N	23	0.624	13.804	23.925	10.121	AMAN
Banjarmelati	101		16.439	23.925	7.486	AMAN
Banjarmelati	13	1.015	17.454	23.925	6.471	AMAN

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Tabel 5.121 Rekap Alternatif Boezem BGI Utara (T=5th)

Nama Saluran	Titik Kontrol	Qr sal (m3/det)	Qr (m3/det)	Qkap (m3/det)	Selisih (m3/det)	Ket
BGI Utara 2	173	0.50	0.50	2.242	1.742	AMAN
BGI Utara 1	171	1.03	1.53	2.242	0.715	AMAN
BGI Selatan 1	93	0.30	0.30	2.093	1.788	AMAN
Sumerset Utara 2	193	0.41	0.41	2.121	1.708	AMAN
Sumerset Utara 1	191	0.46	0.88	2.121	1.246	AMAN
BGI Selatan 2 B	76	0.43	1.61	2.811	1.197	AMAN
BGI Selatan 2 A	74	0.62	2.23	2.811	0.578	AMAN
Citra Raya 1	64		3.76	4.771	1.011	AMAN
Citra Raya 1	62	0.43	4.19	4.771	0.581	AMAN
Golf Citraland 2	132	0.62	0.62	4.520	3.897	AMAN
Golf Citraland 1	124	0.94	1.56	4.520	2.960	AMAN
Sumerset Selatan	160	0.55	0.55	3.887	3.333	AMAN
Sumerset Selatan	153	0.79	1.34	3.625	2.281	AMAN
Lakarsantri 1	145	0.54	1.89	3.625	1.737	AMAN
Lakarsantri 2	142	1.68	3.56	3.896	0.333	AMAN
Galeria Golf 1 B	115	1.10	1.10	5.095	4.000	AMAN
Galeria Golf 1 A	105	1.85	2.94	5.095	2.152	AMAN

Tabel 5.121 Rekap Alternatif Boezem BGI Utara (T=5th)

Nama Saluran	Titik Kontrol	Qr sal (m <sup>3</sup> /det)	Qr (m <sup>3</sup> /det)	Qkap (m <sup>3</sup> /det)	Selisih (m <sup>3</sup> /det)	Ket
Galeria Golf 2	102	0.15	3.10	15.969	12.873	AMAN
Citra Raya 2	51	0.82	6.57	9.935	3.363	AMAN
Bukit Bali 1	46		8.13			
Bukit Bali 1	44	0.76	8.89	11.917	3.025	AMAN
Bukit Bali 2	33	0.94	9.83	19.641	9.810	AMAN
Blok N	26		13.39	23.925	10.531	AMAN
Blok N	23	0.73	14.13	23.925	9.797	AMAN
Banjarmelati	101		17.22	23.925	6.701	AMAN
Banjarmelati	13	1.19	18.42	23.925	5.509	AMAN

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Pada kondisi eksisting terdapat 2 boezem dengan volume 2419,410 m<sup>3</sup> dan 2782,120 m<sup>3</sup>. Dari hasil perhitungan dengan Q5 (debit rencana dengan periode ulang 5tahun) ternyata 1 boezem yang berada di titik kontrol 173 saluran BGI Utara dapat menampung air hujan. Perencanaan perhitungan boezem ini menggunakan periode ulang 5 tahun. Jika hujan yang turun lebih dari Q5 harus dihitung kembali, apakah keberadaan boezem tersebut masih menampung debit yang melimpas atau tidak.

## **5.4 RENCANA ANGGARAN BIAYA**

Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan perhitungan biaya bangunan berdasarkan gambar bangunan dan spesifikasi pekerjaan konstruksi yang akan dibangun, sehingga dengan adanya RAB dapat dijadikan sebagai pedoman pelaksanaan proyek. Dalam studi ini membahas dua alternatif permasalahan banjir yang terjadi di kawasan Bukit Golf Internasional, yaitu dengan alternatif normalisasi saluran BGI Utara serta Citra Raya 1 dan alternatif boezem/tampungan air yaang terletak di saluran BGI Utara. Untuk membandingkan kedua alternatif tersebut, maka diperlukan analisa Rencana Anggaran Biaya (RAB) agar mendapatkan alternatif yang lebih ekonomis dan mudah untuk dilaksanakan. Data yang diperlukan dalam analisa RAB antara lain:

- a. Gambar rencana bangunan/saluran
- b. Volume Pekerjaan
- c. Harga Upah dan Bahan
- d. Analisa Harga Satuan Pekerjaan (SNI)
- e. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

### **5.4.1 Harga Satuan Pekerjaan Normalisasi dan Boezem**

Analisa Harga Satuan (AHS-SNI) merupakan pedoman untuk menghitung harga standar satuan pekerjaan konstruksi. AHS-SNI diterbitkan oleh Pemerintah Daerah Kabupaten/Kota di seluruh Indonesia, dalam ini Dinas Pekerjaan Umum Kab/Kota. Harga Satuan Pekerjaan Altenatif Normalisasi dan Boezem adalah harga satuan setiap pekerjaan yang terdapat di dalam pekerjaan normalisasi saluran BGI Utara titik kontrol 173 dan 171 serta saluran Citra Raya 1 juga alternatif boezem BGI Utra. Tabel harga satuan pekerjaan normalisasi dan boezem ditabelkan pada tabel 5.119:

Tabel 5.122 Harga Satuan Pekerjaan Alternatif Normalisasi dan Boezem

JENIS PEKERJAAN	VOL	SAT	HARGA BAHAN Rp.	HARGA UPAH Rp.	HARGA ALAT Rp.	JUMLAH HARGA Rp.
<b>Persiapan dan Sewa Direksi Keet</b>		<b>Ls</b>				
<b>Diasumsikan Sewa</b>						
Barak Kerja & kantor Lapangan	3.00	Bln			500,000	1,500,000
3 Meja Kerja 1,2 x 2,4 + 2 Kursi	3.00	Bln			50,000	150,000
Papan Nama Proyek	1.00	Ls			250,000	250,000
					<b>Jumlah</b>	<b>1,900,000</b>
					<b>Dibulatkan</b>	<b>1,900,000</b>
<b>Uitzet Dengan waterPass / Theodolit</b>		<b>Hari</b>				
Surveyor Geodesi	1.00	O H		92,300		92,300
Pembantu Tukang	2.00	O H		94,400		188,800
Sewa Theodolit	1.00	O H			329,175	329,175
					<b>Jumlah</b>	<b>610,275</b>
					<b>Dibulatkan</b>	<b>610,275</b>
<b>Pasang rambu pengaman</b>		<b>Ls</b>				
Mandor	0.018	O H		119,500		2,151
Kepala Tukang Kayu	0.040	O H		104,400		4,176
Tukang Kayu	0.400	O H		99,400		39,760
Pembantu Tukang	0.400	O H		94,400		37,760
Kayu meranti (papan 2/20))	0.032	M3	2,495,500			79,856
Kayu meranti (usuk 4/6))	0.048	M3	4,000,000			192,000
Paku	0.028	Kg	16,500			462
Pengecatan Kayu	1.000	Ls			200,000	200,000
					<b>Jumlah</b>	<b>556,165</b>
					<b>Dibulatkan</b>	<b>556,165</b>

*Sumber : Hasil Perhitungan*



Tabel 5.122 Harga Satuan Pekerjaan Normalisasi dan Boezem di Hilir Saluran BGI Utara (Lanjutan)

<b>Pembuatan Bouwplank</b>		<b>Titik</b>			
Mandor	0.00	O H	119,500		538
Kepala Tukang Kayu	0.01	O H	104,400		1,044
Tukang Kayu	0.10	O H	99,400		9,940
Pembantu Tukang	0.10	O H	94,400		9,440
Kayu meranti (papan 2/20)	0.01	M3	2,495,500		19,964
Kayu meranti (usuk 4/6)	0.01	M3	4,000,000		48,000
Paku	0.05	Kg	16,500		825
				<b>Jumlah</b>	<b>89,751</b>
				<b>Dibulatkan</b>	<b>89,750</b>
<b>Bongkar Pasangan Lama</b>		<b>M3</b>			
Mandor	0.05	O H	119,500		5,975
Pembantu Tukang	1.00	O H	94,400		94,400
Sewa Alat bantu (1set @ 3 alat)	2.60	Jam		950.00	2,470
				<b>Jumlah</b>	<b>102,845</b>
				<b>Dibulatkan</b>	<b>102,845</b>
<b>Penggalian Tanah Konstruksi</b>		<b>M3</b>			
Mandor	0.03	O H	119,500		2,988
Pembantu Tukang	0.75	O H	94,400		70,800
				<b>Jumlah</b>	<b>73,788</b>
				<b>Dibulatkan</b>	<b>73,787</b>
<b>Pengurugan Tanah Konstruksi</b>		<b>M3</b>			
Mandor	0.03	O H	119,500		2,988
Pembantu Tukang	0.30	O H	94,400		28,320
Sewa Stampfer	0.01	Jam		75,000.00	660
				<b>Jumlah</b>	<b>31,968</b>
				<b>Dibulatkan</b>	<b>31,967</b>

Tabel 5.122 Harga Satuan Pekerjaan Normalisasi dan Boezem di Hulu Saluran BGI Utara (Lanjutan)

<b>Lantai Kerja (1 Pc : 3Ps : 6Kr)</b>		<b>M3</b>			
Mandor	0.08	O H	119,500		9,919
Kepala Tukang Batu	0.03	O H	104,400		2,923
Tukang Batu	0.28	O H	99,400		27,335
Pembantu Tukang	1.65	O H	94,400		155,760
Semen PC (Portland Cement) 50 kg	8.62	Zak	58,900		507,808
Pasir Cor	0.44	M3	159,500		69,590
Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0.55	M3	286,000		157,615
Air ( Biaya Air Tawar )	215.00	Ltr	13		2,795
				<b>Jumlah</b>	<b>933,745</b>
				<b>Dibulatkan</b>	<b>933,744</b>
<b>Pengangkutan Tanah Keluar proyek</b>		<b>M3</b>			
Pembantu Tukang	0.25	O H	94,400		23,600
Sewa Dump truck 6T ( min 5 jam )	0.25	Jam		65,000.00	16,250
				<b>Jumlah</b>	<b>39,850</b>
				<b>Dibulatkan</b>	<b>39,850</b>
<b>Pembongkaran Beton</b>		<b>M3</b>			
Mandor	1.50	O H	119,500		179,250
Pembantu Tukang	3.00	O H	94,400		283,200
				<b>Jumlah</b>	<b>462,450</b>
				<b>Dibulatkan</b>	<b>462,450</b>
<b>Pengurugan Pasir (Padat)</b>		<b>M3</b>			
Mandor	0.01	O H	119,500		1,195
Pembantu Tukang	0.30	O H	94,400		28,320
Pasir Urug	1.20	M3	126,500		151,800
				<b>Jumlah</b>	<b>181,315</b>
				<b>Dibulatkan</b>	<b>181,315</b>

Tabel 5.122 Harga Satuan Pekerjaan Normalisasi dan Boezem di Hulu Saluran BGI Utara (Lanjutan)

<b>Dewatering</b>		<b>Ls</b>			
Pembantu Tukang	2	O H	94400		188800
Sewa Pompa air	1	Ls		500000	500000
				<b>Jumlah</b>	<b>688800</b>
<b>Plesteran Halus 1 Pc : 4 Ps</b>		<b>M2</b>			
Mandor	0.02	O H	119500		1,793
Kepala Tukang Batu	0.02	O H	104400		1,566
Tukang Batu	0.15	O H	99400		14,910
Pembantu Tukang	0.30	O H	94400		28,320
Pasir Pasang	0.02	M3	159500		3,828
Semen PC (Portlan Cemen) 50 kg	0.12	Zak	58900		7,351
				<b>Jumlah</b>	<b>57,767</b>
<b>Pemasangan Pipa PVC (Inlet)</b>		<b>Bh</b>			
Mandor	0.00	O H	119,500		299
Kepala Tukang Batu	0.00	O H	104,400		313
Tukang Batu	0.03	O H	99,400		2,982
Pembantu Tukang	0.06	O H	94,400		5,664
				<b>Jumlah</b>	<b>9,258</b>
<b>Pengadaan Pipa Beton Ø2m</b>		<b>Bh</b>			
Pipa Beton Ø2m x 2.5m	1.00	Pcs	900,000		900,000
				<b>Jumlah</b>	<b>900,000</b>

Tabel 5.122 Harga Satuan Pekerjaan Normalisasi dan Boezem di Hulu Saluran BGI Utara (Lanjutan)

<b>Rekondisi Paving</b>		<b>M2</b>		
Mandor	0.05	O H	119,500	5,975
Kepala Tukang Batu	0.05	O H	104,400	5,220
Tukang Batu	0.10	O H	99,400	9,940
Pembantu Tukang	0.10	O H	94,400	9,440
			<b>Jumlah</b>	<b>30,575</b>
			<b>Dibulatkan</b>	<b>30,575</b>
<b>Pekerjaan Beton Berstruktur K-225</b>		<b>M3</b>		
Mandor	0.08	O H	119,500	9,919
Kepala Tukang Batu	0.03	O H	104,400	2,923
Tukang Batu	0.28	O H	99,400	27,335
Pembantu Tukang	1.65	O H	94,400	155,760
Pasir Cor/Beton	0.44	M3	159,500	69,590
Semen PC (Portland Cement) 50 kg	7.42	Zak	58,900	437,038
Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0.55	M3	286,000	157,615
Pekerjaan Pembesian	105.00	Kg	12,367	1,298,535
Air ( Biaya Air Tawar )	215.00	Ltr	13	2,795
			<b>Jumlah</b>	<b>2,161,509</b>
			<b>Dibulatkan</b>	<b>2,161,509</b>
<b>Pengadaan U-Ditch K-350 (U 120x100x120x12)</b>		<b>Bh</b>		
U-Ditch K-350 (U 50X70X120X6) (Fabrikan) Gandar 5 Ton	1.00	Pcs	2,010,000.00	2,010,000
			<b>Jumlah</b>	<b>2,010,000</b>
<b>Pembersihan Lapangan / Lokasi</b>		<b>Ls</b>		
Mandor	1.00	O H	119,500	119,500
Pembantu Tukang	18.00	O H	94,400	1,699,200
			<b>Jumlah</b>	<b>1,818,700</b>

Tabel 5.122 Harga Satuan Pekerjaan Normalisasi dan Boezem di Hulu Saluran BGI Utara (Lanjutan)

<b>Pemasangan U-Ditch K-350 (U 120x100x120x12)</b>		<b>Bh</b>			
Mandor	0.00	O H	119,500		418
Pembantu Tukang	0.04	O H	94,400		3,304
Operator Alat Konstruksi	0.16	O H	125,000		20,000
Sewa Forkilp ( min 5 jam )	0.16	Jam		125,000.00	20,000
Sewa alat bantu ( 1 set @ 3 alat )	0.09	jam		950.00	87
				<b>Jumlah</b>	<b>43,810</b>
				<b>Dibulatkan</b>	<b>43,809</b>
<b>Rekondisi Taman &amp; Gapura</b>		<b>Ls</b>			
Mandor	3.00	OH	119,500		358,500
Kepala Tukang Batu	6.00	OH	104,400		626,400
Tukang Batu	8.00	OH	99,400		795,200
Pembantu Tukang	15.00	OH	94,400		1,416,000
Pasir Pasang	7.00	M3	159,500	.	1,116,500
Semen PC (Portlan Cemen) 50 kg	25.00	Zak	58,900		1,472,500
				<b>Jumlah</b>	<b>5,785,100</b>
				<b>Dibulatkan</b>	<b>5,785,100</b>
<b>Lapisan ATB Tb.4cm (Manual)</b>		<b>M2</b>			
Mandor	0.02	O H	119,500		1,793
Pembantu Tukang	0.15	O H	94,400		14,160
Produksi ATB / ATBL / Lapis Beton	0.09	Ton		820,278.00	73,739
Biaya Menggilas dengan mesin gilas	0.00	Jam		140,000.00	560
				<b>Jumlah</b>	<b>90,251</b>
				<b>Dibulatkan</b>	<b>90,251</b>

*Sumber: Hasil Perhitungan*

### 5.4.2 Harga Upah dan Bahan Pekerjaan

Analisa Harga Upah dan Bahan (AHUB-SNI) merupakan pedoman untuk menghitung harga standar satuan pekerjaan konstruksi. AHS-SNI diterbitkan oleh Pemerintah Daerah Kabupaten/Kota di seluruh Indonesia, dalam ini Dinas Pekerjaan Umum Kab/Kota. Harga Satuan Upah dan Bahan Normalisasi Saluran adalah harga satuan upah, peralatan dan bahan setiap pekerjaan dalam pekerjaan normalisasi saluran BGI Utara. Harga Satuan Upah dan Bahan Pekerjaan Boezem adalah harga satuan upah, peralatan dan bahan setiap pekerjaan dalam pekerjaan boezem di hulu saluran BGI Utara.

Tabel 5.123 Harga Upah dan Bahan Pekerjaan

Jenis Material, Upah, Peralatan	Sat	Harga ( Rp )
<b>MATERIAL</b>		
Air ( Biaya Air Tawar )	Ltr	13.00
Aspal Curah	Kg	7,700.00
Aspal Panas AC 60/70 (termasuk angkutan)	Kg	10,000.00
Angker Besi D.19 mm	BH	10,500.00
Barak Kerja & kantor Lapangan	Bln	500,000.00
Batu Pecah Mesin 0,5/1 cm	M3	286,000.00
Batu Pecah Mesin 2/3 cm	M3	184,300.00
Batu Pecah Mesin 1/2 cm	M3	286,000.00
Bambu Ajir	Batang	1,900.00
Batu Kali Pecah 15/20 cm	M3	132,000.00
Bambu Bongkolan dia.8-12cm	Batang	19,300.00
Bambu Ori dia.8-12cm (P.3m)	Batang	31,900.00
Besi Beton Ulir	Kg	9,100.00
Beton Segmen U 30	M1	41,250.00
Beton Segmen U 50	M1	71,500.00
Gedeg Guling	M2	44,000.00
Ijuk	Kg	20,000.00
Kayu Meranti (Papan 2/20)	M3	2,495,500.00
Kayu Meranti (usuk 5/7)	M3	3,678,000.00
Kayu Meranti (usuk 4/6)	M3	4,000,000.00
Kayu Meranti (Bekisting)	M3	3,622,500.00

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Tabel 5.123 Harga Upah dan Bahan Pekerjaan (Lanjutan)

Jenis Material,Upah,Peralatan	Sat	Harga ( Rp )
Kawat Ikat Beton	Kg	16,500.00
Kapur Pasang	M3	88,000.00
Mahoni Tinggi 1.5 m	Batang	229,000.00
Minyak Bekisting	Ltr	6,600.00
Minyak Tanah	Ltr	8,800.00
Paku	Kg	16,500.00
Paku Usuk	Kg	16,500.00
Paku Reng	Kg	16,500.00
Papan Nama Proyek	Ls	250,000.00
Pasir Pasang	M3	159,500.00
Pasir Urug	M3	126,500.00
Pasir Cor/Beton	M3	159,500.00
Pipa PVC 2" panjang 4 meter type C	Lonjor	161,500.00
Pipa PVC 4" panjang 4 meter type C	Lonjor	304,760.00
Pipa Galvanis 3"	Lonjor	173,660.00
Pengecatan Kayu (Rambu Pengaman)	Ls	200,000.00
Pupuk Kandang	M3	38,500.00
Semen PC (Portland Cement) 50Kg	Zak	58,900.00
Tasirtu/Sirtu	M3	137,500.00
Tanah Taman	M3	110,000.00
Test Hole 1 Ttk	Ttk	375,000.00
Core Drill Beton + Pengetesan (min. 5 Titik)	Ttk	600,000.00
3 Meja Kerja 1,2 x 2,4 + 2 Kursi	Bln	50,000.00
<b>BETON PRECAST (FABRIKAN)</b>		
<b>U-Ditch K-350 Gandar 5 Ton</b>		
U-Ditch K-350 (U 40X40X120X6) (Fabrikan)	Pcs	455,400.00
U-Ditch K-350 (U 40X50X120X6) (Fabrikan)	Pcs	535,700.00
U-Ditch K-350 (U 40X60X120X6) (Fabrikan)	Pcs	577,500.00
U-Ditch K-350 (U 50X50X120X6) (Fabrikan)	Pcs	566,500.00
U-Ditch K-350 (U 50X60X120X6) (Fabrikan)	Pcs	590,700.00
U-Ditch K-350 (U 50X70X120X6) (Fabrikan)	Pcs	701,800.00
U-Ditch K-350 (U 60X60X120X8) (Fabrikan)	Pcs	650,100.00
U-Ditch K-350 (U 60X70X120X8) (Fabrikan)	Pcs	730,400.00
U-Ditch K-350 (U 60X80X120X8) (Fabrikan)	Pcs	904,200.00

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Tabel 5.123 Harga Upah dan Bahan Pekerjaan (Lanjutan)

<b>Jenis Material,Upah,Peralatan</b>	<b>Sat</b>	<b>Harga ( Rp )</b>
U-Ditch K-350 (U 80X80X120X8) (Fabrikan)	Pcs	1,174,800.00
U-Ditch K-350 (U 80X90X120X8) (Fabrikan)	Pcs	1,520,200.00
U-Ditch K-350 (U 80X100X120X10) (Fabrikan)	Pcs	1,688,500.00
U-Ditch K-350 (U 100X100X120X10) (Fabrikan)	Pcs	1,686,300.00
U-Ditch K-350 (U 100X120X120X12) (Fabrikan)	Pcs	2,393,600.00
U-Ditch K-350 (U 100X150X120X12) (Fabrikan)	Pcs	2,693,600.00
U-Ditch K-350 (U 120X100X120X12) (Fabrikan)	Pcs	2,010,000.00
U-Ditch K-350 (U 120X120X120X12) (Fabrikan)	Pcs	2,636,700.00
U-Ditch K-350 (U 120X150X120X12) (Fabrikan)	Pcs	3,040,400.00
<b>Cover K-350 Gandar 5 Ton</b>		
Cover K-350 40X8X120 (52) (Fabrikan)	Pcs	191,400.00
Cover K-350 50X10X120 (62) (Fabrikan)	Pcs	260,700.00
Cover K-350 60X10X120 (72) (Fabrikan)	Pcs	361,900.00
Cover K-350 60X10X120 (76) (Fabrikan)	Pcs	379,484.28
Cover K-350 80X10X120 (96) (Fabrikan)	Pcs	486,200.00
Cover K-350 80X10X120 (100) (Fabrikan)	Pcs	499,400.00
Cover K-350 100X12X120 (120) (Fabrikan)	Pcs	707,300.00
Cover K-350 100X12X120 (124) (Fabrikan)	Pcs	721,600.00
Cover K-350 120X12X120 (144) (Fabrikan)	Pcs	973,500.00
<b>U-Ditch K-350 Gandar 10 Ton</b>		
U-Ditch K-350 (U 40X40X120X6) (Fabrikan)	Pcs	463,100.00
U-Ditch K-350 (U 40X50X120X6) (Fabrikan)	Pcs	511,500.00
U-Ditch K-350 (U 40X60X120X6) (Fabrikan)	Pcs	590,700.00
U-Ditch K-350 (U 50X50X120X6) (Fabrikan)	Pcs	554,400.00
U-Ditch K-350 (U 50X60X120X6) (Fabrikan)	Pcs	651,200.00
U-Ditch K-350 (U 50X70X120X6) (Fabrikan)	Pcs	716,100.00
U-Ditch K-350 (U 60X60X120X6) (Fabrikan)	Pcs	715,000.00
U-Ditch K-350 (U 60X70X120X8) (Fabrikan)	Pcs	943,800.00
U-Ditch K-350 (U 60X80X120X8) (Fabrikan)	Pcs	1,010,900.00
U-Ditch K-350 (U 80X80X120X10) (Fabrikan)	Pcs	1,496,000.00
U-Ditch K-350 (U 80X90X120X10) (Fabrikan)	Pcs	1,718,200.00
U-Ditch K-350 (U 80X100X120X12) (Fabrikan)	Pcs	2,011,900.00
U-Ditch K-350 (U 100X100X120X12) (Fabrikan)	Pcs	2,257,200.00
U-Ditch K-350 (U 100X120X120X12) (Fabrikan)	Pcs	2,646,600.00
U-Ditch K-350 (U 100X150X120X12) (Fabrikan)	Pcs	3,072,797.03

*Sumber : Hasil Perhitungan*



Tabel 5.123 Harga Upah dan Bahan Pekerjaan (Lanjutan)

<b>Jenis Material,Upah,Peralatan</b>	<b>Sat</b>	<b>Harga ( Rp )</b>
U-Ditch K-350 (U 120X100X120X12) (Fabrikan)	Pcs	2,594,900.00
U-Ditch K-350 (U 120X120X120X12) (Fabrikan)	Pcs	2,890,268.60
U-Ditch K-350 (U 120X150X120X15) (Fabrikan)	Pcs	4,211,608.70
<b>Cover K-350 Gandar 10 Ton</b>		
Cover K-350 40X12X120 (52) (Fabrikan)	Pcs	393,800.00
Cover K-350 50X12X120 (62) (Fabrikan)	Pcs	342,100.00
Cover K-350 60X12X120 (72) (Fabrikan)	Pcs	418,000.00
Cover K-350 60X12X120 (76) (Fabrikan)	Pcs	451,000.00
Cover K-350 80X12X120 (100) (Fabrikan)	Pcs	823,959.67
Cover K-350 80X12X120 (104) (Fabrikan)	Pcs	853,594.70
Cover K-350 100X12X120 (124) (Fabrikan)	Pcs	1,022,937.73
Cover K-350 120X12X120 (144) (Fabrikan)	Pcs	1,192,400.00
Cover K-350 120X15X120 (150) (Fabrikan)	Pcs	1,554,251.48
<b>Pipa Beton</b>		
Pipa Beton Ø200 x 2,5m	Pcs	900,000.00
Pipa Beton Ø30 x 2,5m	Pcs	100,000.00
Pipa Beton Ø50 x 2,5m	Pcs	125,000.00
Pipa Beton Ø60 x 2,5m	Pcs	190,000.00
Pipa Beton Ø80 x 2,5m	Pcs	255,000.00
Pipa Beton Ø100 x 2,5m	Pcs	275,000.00
Pipa Beton Ø150 x 2,5m	Pcs	305,000.00
<b>UPAH KERJA</b>		675,000.00
Operator Alat Konstruksi	O H	125,000.00
Mandor	O H	119,500.00
Kepala Tukang Kayu	O H	104,400.00
Kepala Tukang Batu	O H	104,400.00
Kepala Tukang Besi	O H	104,400.00
Tukang Listrik	O H	99,400.00
Tukang Kayu	O H	99,400.00
Tukang Batu	O H	99,400.00
Tukang Besi	O H	99,400.00
Pembantu Operator Alat Konstruksi	O H	99,400.00
Pembantu Tukang	O H	94,400.00
Sopir	O H	94,400.00

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Tabel 5.123 Harga Upah dan Bahan Pekerjaan (Lanjutan)

<b>Jenis Material, Upah, Peralatan</b>	<b>Sat</b>	<b>Harga ( Rp )</b>
Surveyor geodesi	O H	92,300.00
Pembantu Sopir	O H	89,400.00
<b>PERALATAN</b>		
Sewa Theodolit	Set	329,175.00
Sewa Asphalt Sprayer	Jam	26,125.00
Sewa alat bantu strouss pile	Jam	20,000.00
Sewa AMP 30 T (min 5 jam)	Jam	246,620.00
Sewa Alat Bantu (1set @3 alat )	Jam	950.00
Sewa Dump Truck 3,5 T ( min. 5 jam )	Jam	61,750.00
Sewa Dump truck 5T ( min 5 jam )	Jam	61,750.00
Sewa Dump truck 6T ( min 5 jam )	Jam	65,000.00
Sewa Dump truck 8-10 M3 ( min 5 jam )	Jam	61,750.00
Sewa Forkilp ( min 5 jam )	Jam	125,000.00
Sewa Bucket dan Crane / Sceper	Jam	80,000.00
Sewa Pompa Air	Ls	500,000.00
Sewa Wheel Loader 1,7 - 2 m3 (min 5 jam)	Jam	543,400.00
Sewa Chainsaw	Jam	28,500.00
Sewa Excavator	Jam	123,500.00
Biaya Menggilas Dengan Mesin Gilas	Jam	140,000.00
Sewa Compresor 400-600 L/M	Jam	88,825.00
Sewa Crane	Jam	130,625.00
Sewa Stampper	Jam	75,000.00
Mobilisasi Pekerja	Ls	750,000.00
Demobilisasi Peralatan	Ls	750,000.00

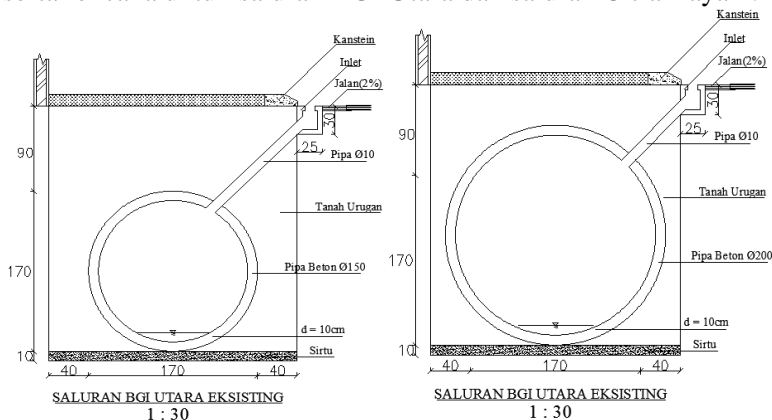
*Sumber : Hasil Perhitungan*

### 5.4.3RAB Alternatif Normalisasi Saluran BGI Utara dan Citra Raya 1

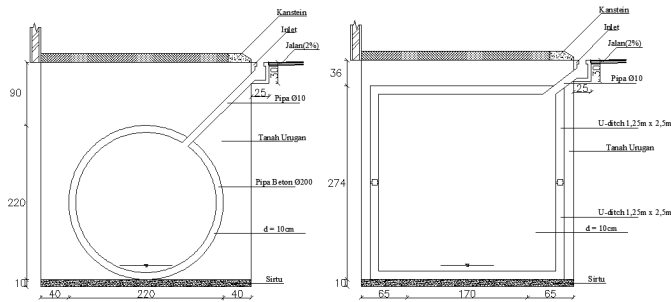
Salah satu alternatif permasalahan banjir di kawasan Bukit Golf Internasional adalah normalisasi saluran atau memperluas penampang saluran. Berdasarkan analisa hidrologi dan hidrolika, saluran yang meluap adalah saluran BGI Utara titik kontrol 173 dan 171 serta saluran Citra Raya 1 titik kontrol 62. Berikut ini adalah Rencana Anggaran Biaya normalisasi saluran BGI Utara dan Citra Raya 1 yang meliputi gambar, volume dan harga satuan pekerjaan.

#### 5.4.3.1 Gambar dan Volume Pekerjaan Normalisasi Saluran

Pekerjaan normalisasi saluran BGI Utara titik kontrol 173 dan 171 adalah mengganti penampang eksisting pipa beton Ø1,5m dengan pipa beton Ø2m, sedangkan untuk normalisasi Citra Raya 1 adalah mengganti penampang eksisting pipa beton Ø2m dengan box culvert berukuran 2,5x2,5m. Panjang saluran BGI Utara titik kontrol 173 dan 171 adalah 400,5m. Panjang saluran Citra Raya 1 adalah 110m. Berikut ini adalah gambar penampang eksisting serta rencana untuk saluran BGI Utara dan saluran Citra Raya 1:



Gambar 5.43 Saluran Eksisting dan Rencana BGI Utara



Gambar 5.44 Saluran Eksisting dan Rencana Citra Raya 1

- i. Volume Pekerjaan Pembongkaran Saluran Eksisting BGI Utara dari titik kontrol 173 ke titik kontrol 171.

Pekerjaan Galian Tanah (L=400,5m)

$$\begin{aligned}\text{Vol Galian} &= \text{Vol Tanah Urugan} - \text{Vol Pipa Beton} \\ &= (2,5 \times 2,6 \times 400,5) - (0,25 \times 3,14 \times 1,7^2 \times 400,5) \\ &= 2603,3\text{m}^3 - 908,59\text{m}^3 = 1694,7\text{m}^3\end{aligned}$$

Pekerjaan Pembongkaran Pipa Beton Ø1,5m

$$\begin{aligned}\text{Vol Pipa Beton } \varnothing 1,5 \text{ m} &= \varnothing \text{luar} - \varnothing \text{dalam} \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 1,7^2 \times 400,5\text{m} - 0,25 \times 3,14 \times 1,5^2 \times 400,5\text{m} \\ &= 908,5943 - 707,381 = 201,2 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- ii. Volume Pekerjaan Pembongkaran Saluran Eksisting Citra Raya 1 di titik kontrol 62.

Pekerjaan Galian Tanah (L=110m)

$$\begin{aligned}\text{Vol Galian} &= \text{Vol Tanah Urugan} - \text{Vol Pipa Beton} \\ &= (3 \times 3,1 \times 110\text{m}) - (0,25 \times 3,14 \times 2,2^2 \times 110\text{m}) \\ &= 1023 - 417,93 = 605\text{m}^3\end{aligned}$$

Pekerjaan Pembongkaran Pipa Beton Ø2m

$$\begin{aligned}\text{Vol Pipa Beton } \varnothing 2 \text{ m} &= \varnothing \text{luar} - \varnothing \text{dalam} \\ &= 0,25 \times 3,14 \times 2,2^2 \times 110\text{m} - 0,25 \times 3,14 \times 2^2 \times 110\text{m} \\ &= 417,934 - 345,4 = 72,534\text{m}^3\end{aligned}$$

- iii Volume Pekerjaan Normalisasi BGI Utara

Pekerjaan pipa beton Ø2m (L=400,5m)

Jumlah pipa beton 400,5 : 2,5m = 160 biji

Pekerjaan timbunan tanah

$$\begin{aligned}\text{Vol timbun} &= \text{Vol tanah urugan} - \text{Vol pipa beton} \\ &= (2,5 \times 2,6 \times 400,5) - (0,25 \times 3,14 \times 2,2^2 \times 400,5) \\ &= 2603,3 \text{ m}^3 - 1521,7 \text{ m}^3 = 1081,6 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Pekerjaan Pengangkutan Tanah Keluar Proyek

$$\begin{aligned}\text{Vol Buang} &= \text{Vol Galian} - \text{Vol Timbunan} \\ &= 1694,7 \text{ m}^3 - 1081,6 \text{ m}^3 = 613,07 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- i. Volume Pekerjaan Normalisasi Saluran Citra Raya 1

Pekerjaan Box Culvert (L=110m)

$$\text{Vol Box Culvert} = 2 \times \text{U-Ditch } (125 \times 250 \times 120 \times 12)$$

$$\text{Jumlah Box} = (110 \text{ m} : 1,2 \text{ m}) \times 2 = 183 \text{ biji}$$

Pekerjaan Timbunan Tanah

$$\begin{aligned}\text{Vol Timbun} &= \text{Vol Tanah Urugan} - \text{Vol Box Culvert} \\ &= (3 \times 3 \times 110 \text{ m}) - (2,74 \times 2,74 \times 110 \text{ m}) \\ &= 1023 - 825,836 = 197,164 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Pekerjaan Pengangkutan Tanah Keluar Proyek

$$\begin{aligned}\text{Vol Buang} &= \text{Vol Galian} - \text{Vol Timbunan} \\ &= 605 \text{ m}^3 - 197,164 = 407,836 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- ii. Volume Pekerjaan Pemasangan Pipa PVC ke Inlet

$$\text{Jarak antara inlet ke inlet} = 15 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah Pipa PVC} = 400,5 : 15 = 27 \text{ buah}$$

- iii. Volume Pekerjaan Lapisan Aspal

$$\text{Saluran yang melintang jalan} = 30 \text{ m}$$

$$\text{Luas lapisan Aspal} = 30 \times 2 = 60 \text{ m}^2$$

- iv. Volume Pekerjaan Rekondisi Paving

$$\text{Saluran yang melintang jalan paving} = 2 \times 10 \text{ m}$$

$$\text{Luas Rekondisi Paving} = 20 \times 2 = 40 \text{ m}^2$$

#### 5.4.3.2 Rekapitulasi RAB Normalisasi Saluran BGI Utara dan Citra Raya 1

Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya merupakan bagian dari perhitungan RAB yang berfungsi untuk merekap hasil perhitungan analisa harga satuan sehingga mudah dipahami.

Nama Kegiatan : Rencana Normalisasi Saluran

Nama Pekerjaan : Pengendalian Banjir di Kawasan Citraland

Lokasi Pekerjaan : Kota Surabaya

Pemilik Proyek : PT Ciputra Surya Tbk.

Tahun Anggaran : 2017

Tabel 5.124 Rekapitulasi RAB Normalisasi Saluran

NO	JENIS PEKERJAAN	VOL	SAT.	HAR SAT (Rp.)	JUMLAH (Rp.)
<b>I</b>	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>				
1	Persiapan dan Sewa Direksi Keet	1	Ls	1.900.000	1.900.000
2	Uitzet Dengan waterPass / Theodolit	1	Hari	610.275	610.275
3	Pasang rambu pengaman	1	Titik	556.165	556.165
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>3.066.440,00</b>
<b>III</b>	<b>PEKERJAAN PEMBONGKARAN SAL EKSISTING BGI Utara</b>				
1	Penggalian Tanah Konstruksi	1.694,70	M3	73787,5	40.145.270
2	Bongkar saluran eksisting pipa beton Ø1,5m	201,20	M3	102845	42.982.422
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>83.127.692</b>

Tabel 5.124 Rekapitulasi RAB Normalisasi Saluran (Lanjutan)

<b>II PEKERJAAN PEMBONGKARAN SAL EKSISTING CITRA RAYA 1</b>					
1	Penggalian Tanah Konstruksi	605	M3	73.788	44.641.438
2	Bongkar saluran eksisting pipa beton Ø2m	73	M3	102.845	7.459.759
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>52.101.197</b>
<b>IV PEKERJAAN NORMALISASI SALURAN BGI UTARA</b>					
1	Pengadaan Pipa Beton Ø2m	160,00	bh	900000	144.000.000,00
2	Pemasangan Pipa Beton Ø2m	160,00	bh	43810	7.009.544,00
3	Pengurugan Tanah Konstruksi	1.081,60	M3	155760	168.470.016,00
4	Pengangkutan Tanah Keluar proyek	613,07	M3	462450	283.514.221,50
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>602.993.781,50</b>
<b>IV PEKERJAAN NORMALISASI SALURAN CITRA RAYA 1</b>					
1	Pengadaan U-Ditch K-350 (U 125x250x120x12)	183	bh	2.010.000	367.830.000
2	Pemasangan U-Ditch K-350 (U 125x250x120x12)	183	bh	43.810	8.017.166
3	Pengurugan Tanah Konstruksi	197,16	M3	31.968	6.302.840
4	Pengangkutan Tanah Keluar proyek	407,84	M3	39.850	16.252.265
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>398.402.271</b>

Tabel 5.124 Rekapitulasi RAB Normalisasi Saluran (Lanjutan)

<b>V</b>	<b>PEKERJAAN PEMASANGAN PIPA PVC</b>				
1	Pemasangan Pipa PVC (Inlet)	27	bh	9.258	249.965
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>249.965</b>
<b>VI</b>	<b>PEKERJAAN JALAN ASPAL DAN PAVING</b>				
1	Lapisan ATB Tb.4cm (Manual)	60	M2	90.251	5.415.089
2	Rekondisi Paving	40	M2	30.575	1.223.000
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>6.638.089</b>
<b>VII</b>	<b>PEKERJAAN AKHIR</b>				
1	Pembersihan Lapangan / Lokasi	1	Ls	1.818.700	1.818.700
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>1.818.700</b>
				Jumlah Sub Total	<b>1.148.398.135</b>
				PPN 10%	114.839.814
				JUMLAH TOTAL HARGA (Plus PPN 10%)	1.263.237.949
				<b>D I B U L A T K A N</b>	<b>1.263.237.950</b>

*Sumber : Hasil Perhitungan*

*Terbilang : Satu milyar dua ratus enam puluh tiga juta dua ratus puluh tujuh ribu sembilan ratus lima puluh rupiah.*

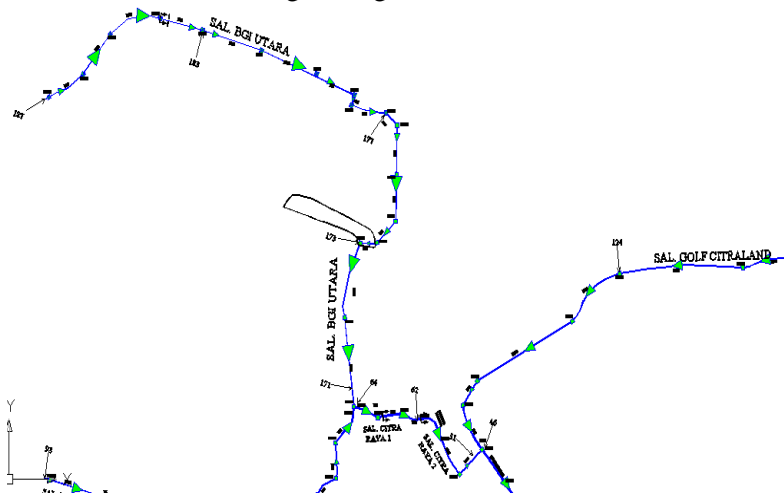


#### 5.4.4 RAB Alternatif Boezem di Saluran BGI Utara

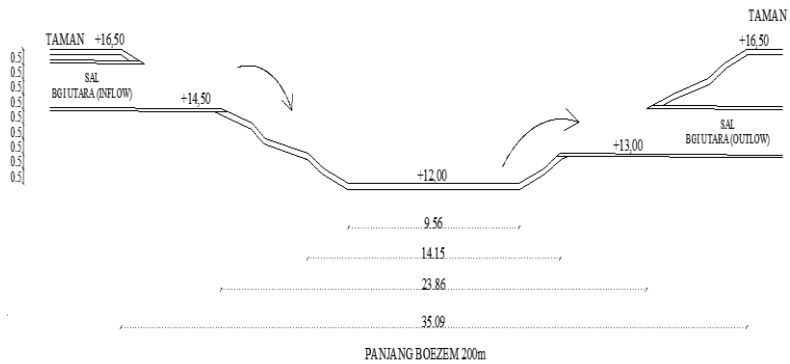
Berdasarkan desain perencanaan boezem di titik kontrol 173 dan 171 saluran BGI Utara, dibutuhkan saluran yang menghubungkan dari saluran BGI Utara ke boezem/tampungan air. Saluran penghubung direncanakan bentuk penampangnya sama dengan saluran BGI Utara, yaitu pipa beton Ø1,5m dan perkuatan dinding inlet dan outlet boezem mengalir secara grafitasi. Berikut ini adalah rincian dari rencana anggaran biaya pekerjaan boezem di Saluran BGI Utara.

##### 5.4.4.1 Gambar dan Volume Pekerjaan Boezem

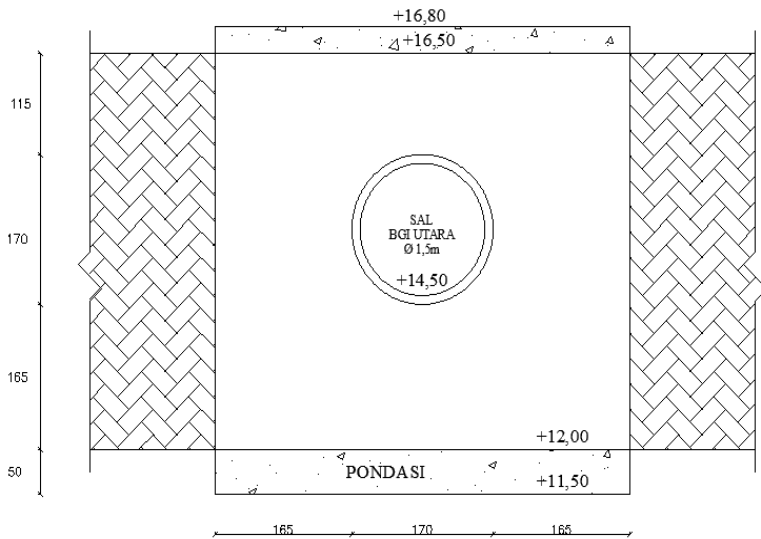
Gambar 5.45 menunjukkan bahwa terdapat saluran penghubung antara boezem dengan saluran BGI Utara. Pada sekitar inlet dan outlet boezem juga perlu dibangun perkuatan dinding boezem menggunakan beton agar tidak tertutup dengan tanaman liar dan mencegah longsor.



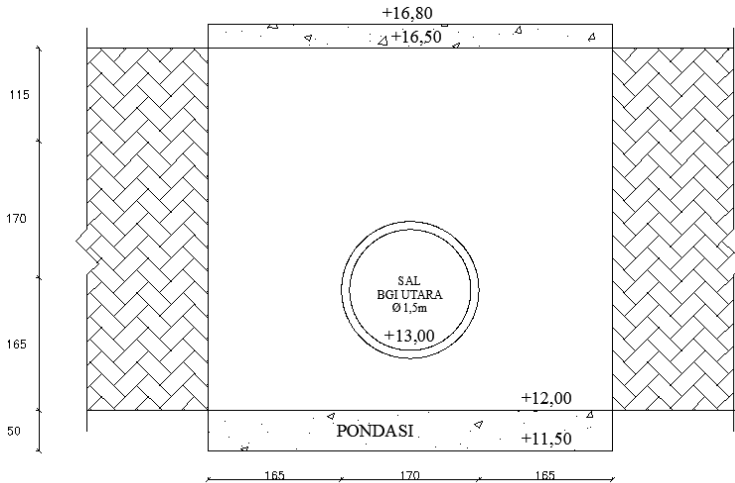
Gambar 5.45 Rencana Boezem di Saluran BGI Utara



Gambar 5.46 Dinding Beton Boezem Tampak Samping



Gambar 5.47 Dinding Beton Inlet



Gambar 5.48 Dinding Beton Outlet

- i. Volume Pekerjaan Pembongkaran Saluran BGI Utara (L=25m)

$$\begin{aligned}\text{Vol Galian} &= \text{Vol Tanah Urugan} - \text{Vol Pipa Beton} \\ &= (2,5 \times 2,6 \times 25) - (0,25 \times 3,14 \times 1,7^2 \times 25) \\ &= 162,5\text{m}^3 - 56,7\text{m}^3 = 105,8\text{m}^3\end{aligned}$$

Pekerjaan Pembongkaran Pipa Beton Ø1,5m

$$\begin{aligned}\text{Vol Pipa Beton } \varnothing 1,5 \text{ m} &= \varnothing \text{luar} - \varnothing \text{dalam} \\ &= (0,25 \times 3,14 \times 1,7^2 \times 25\text{m}) - (0,25 \times 3,14 \times 1,5^2 \times 25\text{m}) \\ &= 56,72 - 44,16 = 12,56\text{m}^3\end{aligned}$$

- ii. Volume Pekerjaan Pembuatan Saluran Baru

Pekerjaan Galian Tanah (L=5m)

$$\begin{aligned}\text{Vol Galian} &= \text{Vol Tanah Urugan} \\ &= 2,5 \times 2,6 \times 5 \text{ m} \\ &= 33,8\text{m}^3\end{aligned}$$

Pekerjaan Pemasangan Pipa Beton Ø1,5m (L=5m)

$$\begin{aligned}\text{Vol Urugan} &= \text{Vol Tanah Urugan} - \text{Vol Pipa Beton } \varnothing 1,5\text{m} \\ &= (2,5 \times 2,6 \times 5) - (0,25 \times 3,14 \times 1,7^2 \times 5) \\ &= 33,8 - 11,3 = 22,46\text{m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Pipa Beton} = 5 : 2,5 = 2 \text{ bh}$$

Pekerjaan Pengangkutan Tanah Keluar Proyek

$$\begin{aligned}\text{Vol Buang} &= \text{Vol Galian} - \text{Vol Timbunan} \\ &= 33,8\text{m}^3 - 22,46\text{m}^3 = 11,34\text{m}^3\end{aligned}$$

iii. Volume Pekerjaan Dinding Inlet dan Outlet Boezem

Pekerjaan Perkuatan Dinding Boezem dengan Beton

$$\begin{aligned}\text{Vol Beton} &= 2 (\text{Vol Pondasi} + \text{Vol Plengsengan}) \\ &= 2. ((0,5 \times 5 \times 0,3) + (4,8 \times 5 \times 0,3)) \\ &= 2. (0,75\text{m}^3 + 7,2\text{m}^3) = 15,9\text{m}^3\end{aligned}$$

iv. Volume Pekerjaan Pemasangan Pipa PVC ke Inlet

Jarak antara inlet ke inlet = 20m

Jumlah Pipa PVC = 25 : 20 = 1 buah

#### **5.4.4.2 Rekapitulasi RAB Boezem di Saluran BGI Utara**

Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya merupakan bagian dari perhitungan RAB yang berfungsi untuk merekap hasil perhitungan analisa harga satuan sehingga mudah dipahami.

Nama Kegiatan : Rencana Boezem di saluran BGI Utara

Nama Pekerjaan : Pengendalian Banjir di Kawasan Citraland

Lokasi Pekerjaan : Kota Surabaya

Pemilik Proyek : PT Ciputra Surya Tbk.

Tahun Anggaran : 2017

Tabel 5.125 Rekapitulasi RAB Boezem di Sal BGI Utara

NO	JENIS PEKERJAAN	VOL	SAT.	HAR SAT (Rp.)	JUMLAH (Rp.)
<b>I</b>	<b>PEKERJAAN PENDAHULUAN</b>				
1	Persiapan dan Sewa Direksi Keet	1	Ls	1.900.000,00	1.900.000,000
2	Uitzet Dengan waterPass / Theodolit	1	Hari	610.275,00	610.275,000
3	Pasang rambu pengaman	1	Titik	556.165,00	556.165,000
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>3.066.440,00</b>
<b>II</b>	<b>PEKERJAAN PEMBONGKARAN SALURAN BGI UTARA</b>				
1	Penggalian Tanah Konstruksi	106	M3	73.788	7.806.718
2	Bongkar saluran eksisting pipa beton Ø1,5m	13	M3	102.845	1.291.733
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>7.806.718</b>
<b>III</b>	<b>PEKERJAAN PEMBUATAN SALURAN BARU</b>				
1	Penggalian Tanah Konstruksi	34	M3	73.788	2.494.018
2	Pemasangan Pipa Pipa Beton Ø1,5m	2	bh	43.810	87.619
3	Pengurugan Tanah Konstruksi	22	M3	31.968	716.072
4	Pengangkutan Tanah Keluar proyek	11	M3	31967,5	362.511
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>3.660.220</b>

Tabel 5.125 Rekapitulasi RAB Boezem di Sal BGI Utara (Lanjutan)

<b>IV PEKERJAAN DINDING INLET DAN OUTLET BOEZEM</b>					
1	Pekerjaan Beton Berstruktur K-225	15,900	M3	2.161.509	34.367.995
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>34.367.995</b>
<b>V PEKERJAAN PEMASANGAN PIPA PVC</b>					
1	Pemasangan Pipa PVC (Inlet)	1	bh	9.258	9.258
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>9.258</b>
<b>VI PEKERJAAN AKHIR</b>					
1	Pembersihan Lapangan / Lokasi	1	Ls	1.818.700	1.818.700
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>1.818.700</b>
				Jumlah Sub Total	<b>50.729.331</b>
				PPN 10%	5.072.933
				JUMLAH TOTAL HARGA (Plus PPN 10%)	55.802.264
				<b>D I B U L A T K A N</b>	<b>55.803.000</b>

*Sumber : Hasil Perhitungan*

*Terbilang : Lima puluh juta delapan ratus tiga ribu rupiah*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Dari analisa perencanaan, dapat ditarik kesimpulan :

1. Permasalahan banjir di Kawasan Bukit Golf Internasional Citraland Surabaya disebabkan oleh meluapnya saluran tersier BGI Utara dan pada saluran sekundernya tidak dapat menampung air.
2. Alternatif penngendalian banjir yang pertama adalah normalisasi saluran BGI Utara dan Citra Raya 1, dengan rencana anggaran biaya sebesarRp **1.263.237.950**
3. Alternatif pengendalian banjir yang kedua adalah mengfungsikan boezem eksisting di saluran BGI Utara dengan luas  $7018.68\text{m}^2$ , volume  $20,21.10^3 \text{ m}^3$ . Dengan menahan air di boezem dan membuang secara grafitasi dapat mengendalikan banjir di kawasan Bukit Golf Internasional menghasilkan rencana anggaran biaya Rp **55.803.000**

#### **6.2 Saran**

Beberapa saran yang mungkin dapat dilaksanakanPT. Citraland Surabaya Of Singapore untuk mencegah banjir di kawasan Bukit Golf Internasional dan sekitarnya antara lain:

1. Perlu dilakukan upaya pengendalian secara cepat untuk mengatasi permasalahan banjir di kawasan Bukit Golf Internasional agar kelangsungan hidup di kawasan tersebut dapat normal kembali.
2. Perawatan berkala pada saluran sekunder yang meluap dari sedimentasi dan tanaman liar sehingga tetap menjaga fungsi dari saluran itu sebagai pengendalian banjir di kawasan ini.



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, S. K. (2011). Pola Pengendalian Banjir pada Bagian Hilir Saluran Primer Wonorejo Surabaya. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 9(2), 33. <https://doi.org/10.12962/j12345678.v9i2.2777>
- BAPPEDA KotaMadya Surabaya. (2000). *Surabaya Drainage Master Plan 2018*. Surabaya.
- Harto, S. (n.d.). *Mengenal Dasar Hidrologi Terapan* (Edisi ke-1). Yogyakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Soewarno. (1995). *Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data* (Jilid 1). Bandung: Nova.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan* (Edisi ke-1). Yogyakarta: Andi.
- Triatmodjo, B. (2008). *Hidrologi Terapan* (Cetakan Pe). Yogyakarta: Beta Offset.
- Wesli. (2008). *Drainase Perkotaan* (Edisi Pert). Yogyakarta: Graha Ilmu.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Fallah Dhanika Aufa. Tempat tanggal lahir Surabaya, 30 Agustus 1995. Merupakan anak Pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu: SDN Manukan Kulon V Surabaya, SMPN 20 Surabaya, SMA Hang Tuah 1 Surabaya. DIII Teknik Sipil ITS. Penulis ini diterima di DIV Lanjut Jenjang Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2016, terdaftar dengan NRP

311.604.0532 dan di jurusan DIV LJ Teknik Sipil ini penulis mengambil konsentrasi Bangunan Keairan.

Menyadari dalam penulisan Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna, penulis menerima kritik dan saran yang membangun

Email : dhanikafalah@yahoo.com

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## UCAPAN TERIMA KASIH

1. Puji Syukur kami panjatkan kepada kehadiran Allah SWT. Yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya dalam menyelesaikan Tugas Akhir Terapan kami.
2. Bapak Dr. Ir. Hendra Wahyudi, MS selaku dosen pembimbing pertama dan Ibu S. Kamilia Aziz, ST MT yang telah membimbing dan mengarahkan kami dalam menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini hingga selesai.
3. Segenap tim dosen penguji, Bapak Tatas, ST MT dan Ibu Dwi Indriyani, ST MT, penulis haturkan terima kasih yang luar biasa. Terima kasih atas segala saran, kritikan dan koreksinya dalam penyempurnaan penulisan Tugas Akhir Terapan ini.
4. Bapak Dr. Machsus, ST., MT. selaku Ketua Progam Studi Diploma Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan selaku dosen wali saya yang telah memberikan motivasi kepada saya.
5. Seluruh jajaran direksi Program Studi Diploma Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember tak terkecuali Pengajar, Tata Usaha, staff perpustakaan dan staff karyawan yang sudah memberikan ilmu baik secara akademis maupun mental yang amat sangat berartinya dan bergunanya hal itu untuk kehidupan penulis kedepannya.
6. Orang tua penulis sebesar bumi dan langit. Terima kasih atas doa dan kasih sayang yang telah Ibu dan Bapak berikan.
7. Teman-teman Diploma IV LJ Teknik Sipil khususnya Bangunan Keairan '16.
8. Dan kepada pihak-pihak lain yang telah begitu banyak membantu namun tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan berkah dan rahmat-Nya bagi kita semua, terima kasih untuk bantuannya selama ini, semoga juga dapat menjadi amal ibadah di hadapan-Nya. Allhuma aamiin.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**FOTO HASIL SURVEI LAPANGAN DI KAWASAN  
BUKIT GOLF INTERNASIONAL KOTA SURABAYA**



Gambar 6.1 Kondisi Banjir di hilir Saluran BGI Utara



Gambar 6.2 Kondisi Banjir di Saluran Bukit Bali





Gambar 6.3 Kondisi Banjir di Saluran Blok N



Gambar 6.4 Kondisi Banjir di Saluran Banjarmelati



Gambar 6.5 Kondisi Eksisting di Saluran BGI Utara ( $\varnothing$  1,5m)



Gambar 6.6 Kondisi sedimen di Saluran BGI Utara ( $\varnothing$  1,5m)



Gambar 6.6 Kondisi Eksisting *ManHole*



Gambar 6.7 Kondisi Eksisting Inlet